

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 613**

51 Int. Cl.:

**H02P 6/12** (2006.01)

**H02P 5/00** (2006.01)

**H02P 3/12** (2006.01)

**H04L 12/40** (2006.01)

**G05B 19/414** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2017 PCT/JP2017/009125**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2017 WO17159472**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2017 E 17766473 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2022 EP 3432464**

54 Título: **Sistema de control de motores multiaxial**

30 Prioridad:

**15.03.2016 JP 2016050331**

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

**09.05.2023**

73 Titular/es:

**PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY  
MANAGEMENT CO., LTD. (100.0%)  
1-61, Shiromi 2-chome Chuo-ku  
Osaka-shi, Osaka 540-6207, JP**

72 Inventor/es:

**MISHIMA, MASASHI;  
TOMITA, AKINOBU;  
IKEUCHI, YOSHIAKI y  
OKURA, MITSUTAKA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 940 613 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de control de motores multiaxial

### Campo técnico

La presente invención hace referencia a un sistema de control de motores configurado para controlar una máquina multiaxial que incluye múltiples ejes.

### Antecedentes de la técnica

- 5 Tradicionalmente, en un sistema de control de motores configurado para controlar una máquina multiaxial que incluya múltiples ejes y tenga una estructura de pórtico o similar (véase PTL 1 y similares) se ha propuesto una técnica de parada de emergencia de un motor por seguridad o similar.

10 Un sistema de control de motores multiaxial convencional ejecuta la parada de emergencia de la siguiente manera. El sistema convencional incluye un controlador configurado para controlar los dispositivos de control de motores para los múltiples ejes por medio de líneas de comunicación. Cuando uno cualquiera de los ejes funciona mal, el dispositivo de control de motores para el eje que funciona mal inicializa la información de la desviación posicional del motor y notifica a un eje que funciona bien, sin mal funcionamiento, la información de la aparición del mal funcionamiento y la información de la posición de accionamiento del motor. El dispositivo de control de motores para el eje que funciona bien hace que el eje que funciona bien se controle de forma simultánea para que siga al eje que funciona mal de acuerdo con la información de la aparición del mal funcionamiento y la información de la posición de accionamiento del motor recibida de este modo sobre el eje que funciona mal. Este sistema convencional realice el accionamiento y el control para hacer que el eje que funciona bien continúe de acuerdo con la información de posición sobre el eje que funciona mal para disminuir un error interaxial entre el eje que funciona bien y el eje que funciona mal y, finalmente, detener los ejes en una posición idéntica. El sistema convencional adopta una técnica de ejecución de dicho control para detener de emergencia los múltiples ejes sincronizados entre sí.

### Lista de citas

Bibliografía de patentes

PTL 1: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2011-257909

25 El documento US 2011/297070 A1 describe un vehículo submarino que se puede mover en diversas orientaciones y direcciones, que incluyen cabeceo, guiñada y balanceo. El vehículo submarino tiene al menos dos sistemas de propulsión controlados de forma independiente. Cada sistema de propulsión comprende además un elevador que se extiende horizontalmente desde los lados de cada timón y un generador de empuje unido al elevador. Cada uno de los generadores de empuje consta de un motor, un controlador de motor y una caja de engranajes. Dado que cada generador de empuje tiene su propio controlador de motor, cada generador de empuje es independiente del otro.

30 JIRI ZDENEK: "System Design and Software Architecture of Traction Vehicle Control Computer", POWER ELECTRONICS AND MOTION CONFERENCE, 2006. EPE-PEMC 2006. 12TH INTERNATIONAL, 1 August 2006 (2006-08-01), pages 1205-120, XP055568045, Piscataway, NJ, USA DOI: 10.1109/EPEPEMC.2006.4778566 ISBN: 978-1-4244-0121-5 describe un ordenador de control distribuido (DCC) de una locomotora eléctrica. La estructura del DCC utiliza varios tipos de redundancias para soportar un comportamiento de tolerancia a fallos en el sentido de que el vehículo no se detenga en la vía. En particular, el DCC comprende medidas que están configuradas para continuar un movimiento del vehículo con esfuerzos de tracción limitados, como por ejemplo la lectura retrospectiva de salidas, entradas de doble verificación y votadores de software.

40 El documento US 2002/110155 A1 describe un sistema y un método de control de movimiento que incluye un controlador central configurado para generar señales de control de demanda primera y segunda que se utilizarán para definir el movimiento de accionamiento de los respectivos actuadores primero y segundo. Por consiguiente, el controlador central está en comunicación con nodos primero y segundo por medio de una red de datos. Por ejemplo, la red de datos para el control del movimiento se cablea en tipología de anillo dúplex completo. Además, la red de datos comprende varios estándares de comunicación, como por ejemplo ethernet, arcnnet o el estándar IEEE.

45 AKI MASAHIRO ET AL: "Safety Testing of an Improved Brake System for Automatic Platooning of Trucks", INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS RESEARCH, SPRINGER US, 15 BOSTON, vol. 12, n.º 3, 22 de abril de 2014 (2014-04-22), pp. 98-109, XP035965213, ISSN: 1348-8503, DOI: 10.1007/S13177-014-0088-X describe una tecnología de apilotonamiento automático para la logística de ahorro de energía que utiliza sistemas de transporte inteligentes. En particular, se proponen dos enfoques para un sistema de frenado de camiones configurado para reducir la velocidad de los camiones en un apilotonamiento automático. Con el fin de obtener un tiempo de reacción para la operación de frenado del conductor en caso de fallo de comunicación, los camiones comprenden válvulas reguladoras. Las válvulas reguladoras fueron ajustadas de tal manera que la desaceleración máxima del camión de cabeza sea inferior a la desaceleración máxima del último camión.

## Sumario de la invención

El alcance de la invención está definido por el sistema de control de motores multiaxial de la reivindicación 1. Las formas de realización preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes 2-7. Cualquier referencia a "formas de realización", "ejemplo(s)" o "aspecto(s) de la invención" en esta descripción que no esté incluida en el alcance de las reivindicaciones se debe interpretar como ejemplo(s) ilustrativo(s) para la comprensión de la invención.

La presente invención proporciona un sistema de control de motores multiaxial configurado para controlar los motores de los múltiples ejes incluidos en una máquina multiaxial. El sistema de control de motores multiaxial incluye varios dispositivos de control de motores y un controlador. El controlador tiene conexión de red con los dispositivos de control de motores y transmite una señal de comando para el control de los dispositivos de control de motores. Cada uno de los dispositivos de control de motores incluye un controlador de comunicación, un controlador de rotación y una unidad de accionamiento, y se configura para que accione uno de los motores para los múltiples ejes. El controlador de comunicación recibe la señal de comando, transmite la señal de comando recibida y determina si la señal de comando se recibe normalmente o no. El controlador de rotación genera una orden de par para la operación del motor correspondiente. La unidad de accionamiento genera una tensión de accionamiento para la electrificación para accionar el motor correspondiente de acuerdo con la orden de par. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores del sistema de control de motores multiaxial detecta un fallo en la recepción de la señal de comando, el al menos uno de los dispositivos de control de motores emite una orden de par como par de frenado para detener el motor correspondiente.

En esta configuración, al menos uno de los dispositivos de control de motores aplica el par de frenado manteniendo el motor electrificado incluso durante el fallo de comunicación que provoca que algunos de los dispositivos de control de motores no reciban una señal de comando del controlador mediante la comunicación de red. El sistema de control de motores multiaxial se configura de esta manera para detener el motor en una distancia de frenado más corta que una distancia de frenado convencional.

## Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo como configuración básica de ejemplo de un sistema de control de motores multiaxial.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en línea como otra configuración básica de ejemplo del sistema de control de motores multiaxial.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques que representa otra configuración de ejemplo de red en línea del sistema de control de motores multiaxial.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques que representa una configuración de un sistema de control de motores multiaxial en anillo de acuerdo con una primera forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques que representa una configuración de ejemplo detallada de un dispositivo de control de motores de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 6A es una gráfica de operación de ejemplo de cada unidad en el sistema de control de motores multiaxial en anillo de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo de la presente invención, en un caso donde la comunicación entre un controlador y un dispositivo de control del motor del primer eje se interrumpe.

La FIG. 6B es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje y un dispositivo de control del motor del segundo eje se interrumpe.

La FIG. 6C es una gráfica de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje y el controlador se interrumpe.

La FIG. 7 es un diagrama de bloques que representa una configuración de un sistema de control de motores multiaxial en línea de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 8 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo de un sistema de control de motores multiaxial para tres ejes de acuerdo con una segunda forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 9A es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en el sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la segunda forma de realización de ejemplo de la presente invención, en un caso donde la comunicación entre un controlador y un dispositivo de control del motor del primer eje se interrumpe.

La FIG. 9B es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje y un dispositivo de control del motor del segundo eje se interrumpe.

5 La FIG. 9C es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje y un dispositivo de control del motor del tercer eje se interrumpe.

La FIG. 9D es una gráfica de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del tercer eje y el controlador se interrumpe.

10 La FIG. 10 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo de un sistema de control de motores multiaxial para dos ejes, con conexión en anillo, de acuerdo con una tercera forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 11 es un diagrama de bloques que representa una configuración de ejemplo de detalle de un dispositivo de control de motores de acuerdo con la tercera forma de realización de ejemplo de la presente invención.

15 La FIG. 12A es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en el sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la segunda forma de realización de ejemplo de la presente invención, en un caso donde la comunicación entre un controlador y un dispositivo de control del motor del primer eje se interrumpe.

La FIG. 12B es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje y un dispositivo de control del motor del segundo eje se interrumpe.

20 La FIG. 13 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo de un sistema de control de motores multiaxial para tres ejes de acuerdo con una cuarta forma de realización de ejemplo de la presente invención.

La FIG. 14A es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en el sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la cuarta forma de realización de ejemplo de la presente invención, en un caso donde la comunicación entre un controlador y un dispositivo de control del motor del primer eje se interrumpe.

25 La FIG. 14B es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje y un dispositivo de control del motor del segundo eje se interrumpe.

30 La FIG. 14C es un diagrama de operación de ejemplo de cada unidad en este sistema de control de motores multiaxial, en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje y un dispositivo de control del motor del tercer eje se interrumpe.

La FIG. 15 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo de un sistema de control de motores multiaxial para dos ejes de acuerdo con una quinta forma de realización de ejemplo de la presente invención.

### Descripción de las formas de realización

35 La FIG. 1 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo como configuración básica de ejemplo de un sistema de control de motores multiaxial. La FIG. 2 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en línea como otra configuración básica de ejemplo del sistema de control de motores multiaxial. La FIG. 3 es un diagrama que representa todavía otra configuración básica de ejemplo del sistema de control de motores multiaxial que tiene la red en línea. Cada una de estas configuraciones incluye varios dispositivos de control de motores 20 cada uno configurado para accionar y controlar un motor correspondiente y un controlador 10 configurado para controlar los dispositivos de control de motores 20. El controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 se conectan con capacidad de comunicación por medio de líneas de comunicación 11 para lograr la transmisión y recepción de datos. Las FIG. 1 a FIG. 3 representan cada una, una configuración de ejemplo del sistema que incluye dos, a saber, dispositivos de control de motores 20 del primer eje y del segundo eje correspondientes a los ejes respectivos incluidos en un mecanismo multiaxial.

45 Un sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con cada una de las siguientes formas de realización de ejemplo se configura según se describirá más adelante de acuerdo con la configuración básica representada en la FIG. 1, FIG. 2 o FIG. 3 para hacer que al menos un dispositivo de control de motores 20 emita par de frenado durante un fallo o algo similar para detener de emergencia el motor correspondiente. Cada una de las formas de realización de ejemplo logra de esta manera detener el motor en una distancia de frenado más corta que una distancia de frenado convencional.

50 La técnica de parada de emergencia convencional anterior requiere en consecuencia un dispositivo de notificación dedicado configurado para notificar al eje que funciona bien la información de posición y similares del eje que funciona mal. Por el contrario, las configuraciones representadas en las FIG. 1, FIG. 2 y FIG. 3 desconectan cada una las comunicaciones entre los dispositivos de control de motores 20 en un caso de ejemplo en donde la línea de

comunicación 11 entre los dispositivos de control de motores 20 se interrumpe. Ninguna de estas configuraciones logra de esta manera el control entre el eje que funciona mal y el eje que funciona bien.

Cuando se produce un fallo de comunicación con el dispositivo de control de motores 20 para uno cualquiera de los ejes, el sistema de control de motores convencional que tiene conexión en anillo o en línea adopta un método de parada desconectando inmediatamente la electrificación del motor para el eje que funciona mal y del motor para el eje que funciona bien.

Esta técnica, sin embargo, requiere una larga distancia de frenado hasta que cada uno de los motores se detiene porque el motor se autopropulsa durante un tiempo después de desconectar la electrificación. Existe otra técnica que consiste en enviar un par de frenado a cada uno del motor del eje que funciona mal y del motor del eje que funciona bien para detener los motores. Esta técnica tiene problemas de seguridad, como por ejemplo que la parada inmediata provoque que se tenga que aplicar una fuerte tensión a una carga que dañe el dispositivo, al mismo tiempo que la distancia de frenado se puede acortar.

En vista de lo anterior, al menos un dispositivo de control de motores 20 de acuerdo con las siguientes formas de realización de ejemplo se configura para emitir par de frenado para detener el motor, suprimir la tensión aplicada a una carga y detener el motor en una corta distancia de frenado.

A continuación, se describirán las formas de realización de ejemplo de la presente invención con referencia a los dibujos. La presente invención no se debe limitar a estas formas de realización de ejemplo.

(Primera forma de realización de ejemplo)

La FIG. 4 es un diagrama de bloques que representa una configuración del sistema de control de motores multiaxial en anillo 100 de acuerdo con una primera forma de realización de ejemplo de la presente invención. Según se representa en la FIG. 4, el sistema de control de motores multiaxial 100 configura un sistema de control de motores biaxial que incluye el controlador 10 y dos dispositivos de control de motores 20 conectados con capacidad de comunicación por medio de líneas de comunicación 11 para formar una forma de anillo. El sistema de control de motores multiaxial 100 incluye una conexión unidireccional una a una entre las unidades de acuerdo con la topología de red en anillo. El controlador 10 transmite una señal de comando para una orden de posición, una orden de velocidad o algo similar a los dispositivos de control de motores 20 del primer eje y del segundo eje, en cada periodo de actualización de órdenes como un periodo de referencia para la transmisión de una señal de comando. Cada dispositivo de control de motores 20 controla la operación del motor 30 de acuerdo con la señal de comando recibida. En lo sucesivo en la presente memoria, el dispositivo de control del motor del primer eje se identificará como dispositivo de control de motores 201 y el dispositivo de control del motor del segundo eje se identificará como dispositivo de control de motores 202 para la especificación apropiada de los dispositivos de control de motores 20, mientras que cada uno de los dispositivos de control de motores se denominará genéricamente dispositivo de control de motores 20.

La FIG. 4 representa el mecanismo objetivo de control 35 como un objetivo de control de motores 30, que incluye dos ejes unidos mecánicamente por el enlace 351, en concreto, el eje X1 controlado por el motor 30 del primer eje y el eje X2 controlado por el motor 30 del segundo eje. El mecanismo objetivo de control 35 ejemplifica una máquina multiaxial como un mecanismo multiaxial que tiene una estructura de pórtico. El mecanismo objetivo de control 35 tiene la estructura de pórtico, de modo que los motores 30 para los ejes X1 y X2 se controlan normalmente mediante procesamiento sincronizado para ambos ejes de acuerdo con las mismas órdenes. La presente forma de realización de ejemplo proporciona control de una posición en una dirección X de la carga 36 de tal manera que el eje X1 y el eje X2 en un mecanismo multiaxial de este tipo se mueven posicionalmente por igual en la dirección X con la misma velocidad.

Según se representa en la FIG. 4, el controlador 10 incluye el transmisor 12 configurado para transmitir datos como por ejemplo una señal de comando, el receptor 13 configurado para recibir datos, y el controlador de comunicación 14 configurado para controlar la comunicación mediante el transmisor 12 y el receptor 13, proporcionar y recibir los datos de comunicación, y similares. Cada dispositivo de control de motores 20 incluye de forma similar un transmisor 12 configurado para transmitir datos, un receptor 13 configurado para recibir datos, y un controlador de comunicación 14 configurado para controlar el transmisor 12 y el receptor 13. El controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 se interconectan por medio de las líneas de comunicación 11 para formar una forma de anillo con el fin de lograr la transferencia de datos desde el transmisor 12 al receptor 13. La FIG. 4 representa la conexión de red entre el controlador de comunicación 14 en el controlador 10 y el controlador de comunicación 14 en el dispositivo de control de motores 201, para la transferencia de datos por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación A. Además, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo de control de motores 201 y el controlador de comunicación 14 en el dispositivo de control de motores 202 tienen conexión de red para la transferencia de datos por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación B. Además, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo de control de motores 202 y el controlador de comunicación 14 en el controlador 10 tienen conexión de red para la transferencia de datos por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación C. Dicha conexión permite la comunicación mediante conexión en anillo unidireccional del controlador 10, el dispositivo de control de motores 201, el dispositivo de control de motores 202 y

el controlador 10 en el orden mencionado. Como se describirá en detalle más adelante, cada controlador de comunicación 14 se configura para proporcionar y recibir normalmente una señal de comando o una señal de respuesta que indica la recepción de datos, así como para detectar fallos en la comunicación (transmisión o recepción). Ejemplos de posibles fallos de comunicación en dicho sistema de control de motores multiaxial 100 incluyen la rotura de cualquier línea de comunicación 11, y fallos en la recuperación de datos incluso si cualquier controlador de comunicación 14 corrige cualquier error en los datos de comunicación. El dispositivo de control de motores 20 entonces no puede recibir una señal de comando del controlador 10 y no puede continuar operando normalmente el motor correspondiente. Ejemplos del error a corregir incluyen un error de paridad, un error de suma de comprobación y un error de comprobación de redundancia cíclica (CRC).

Según se representa en la FIG. 4, cada dispositivo de control de motores 20 incluye además el controlador de rotación 24 y la unidad de accionamiento 25 para accionar y controlar el motor 30. Cada uno del controlador de rotación 24 y la unidad de accionamiento 25 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo también tienen una función para detener de emergencia el motor 30. Para detener de emergencia el motor 30, cada dispositivo de control de motores 20 incluye además un circuito de frenado dinámico 26 (en lo sucesivo en la presente memoria, abreviado como DB cuando proceda) configurado para frenar el motor 30 como un circuito cerrado que incluye una resistencia. La función de parada de emergencia de cada uno del controlador de rotación 24 y la unidad de accionamiento 25 y el circuito DB 26 se adoptan de forma selectiva de acuerdo con la orden de parada Em desde el controlador de comunicación 14 en la presente forma de realización de ejemplo. Según se describió anteriormente, el sistema de control de motores multiaxial 100 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo incluye dispositivos de control de motores 20 configurados cada uno para accionar y detener de forma individual el motor 30.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques que representa una configuración de ejemplo detallada del dispositivo de control de motores 20 configurado de esta manera de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo de la presente invención. La configuración detallada del dispositivo de control de motores 20 se describirá a continuación con referencia a la FIG. 5.

La FIG. 5 ejemplifica un caso donde el motor 30 es un motor sin escobillas que se acciona en tres fases con las fases U, V y W. En concreto, el motor 30 incluye un estator provisto de bobinas 31 correspondientes a las fases respectivas y un rotor que incorpora un imán permanente. Las bobinas 31 del estator se electrifican cuando reciben tensiones de accionamiento Vd diferenciadas en fase entre sí en 120 grados. En este caso, la corriente eléctrica circula a través de las bobinas 31 para hacer rotar el rotor. El eje correspondiente conectado al rotor se controla posicionalmente de acuerdo con la rotación del rotor.

Para accionar y controlar dicha rotación del motor 30, cada dispositivo de control de motores 20 incluye un controlador de rotación 24 configurado para controlar una posición, velocidad y par del motor 30, y una unidad de accionamiento 25 configurada para electrificar para accionar las bobinas 31 del motor 30. El controlador de rotación 24 incluye un controlador de posición 41 configurado para controlar una posición, un controlador de velocidad 43 configurado para controlar la velocidad, un procesador de par 46 configurado para ejecutar un procesamiento relacionado con el par, y similares. La unidad de accionamiento 25 incluye un generador de salida de accionamiento 51 configurado para generar una tensión de accionamiento correspondiente a una cantidad de par recibida del controlador de rotación 24. Con el fin de activar la parada de emergencia de forma adaptativa de acuerdo con una situación de fallo de comunicación, cada dispositivo de control de motores 20 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo incluye el circuito DB 26, incluyendo el controlador de rotación 24 la memoria de cantidad de par 44, e incluyendo la unidad de accionamiento 25 el interruptor de tensión de accionamiento 53.

El controlador 10 notifica a cada dispositivo de control de motores 20 configurado de esta manera la información de comando por medio de una señal de comando. Ejemplos de información de comando principal incluida en la señal de comando incluyen la orden de posición Prc al controlador de posición 41, la orden de velocidad Src al controlador de velocidad 43, una orden de par al procesador de par 46, y la orden de parada Em pertinente para la parada de emergencia, como por ejemplo la activación o desactivación del circuito DB 26. La FIG. 5 normalmente representa una configuración en la cual el controlador de comunicación 14 transmite la orden de posición Prc al controlador de posición 41, transmite la orden de velocidad Src al controlador de velocidad 43 y transmite la orden de parada Em a cada uno del controlador de rotación 24, la unidad de accionamiento 25 y el circuito DB 26, de acuerdo con la señal de comando recibida. Según se representa en la FIG. 5, el detector de posición 32 dispuesto en el motor 30 notifica al controlador de posición 41 la información de posición detectada Pd que indica una posición del rotor en el motor 30.

Cuando el dispositivo de control de motores 20 funciona normalmente sin fallo de comunicación o algo similar, el controlador de rotación 24 controla la rotación de tal manera que una posición rotacional del rotor en el motor 30 sigue la orden de posición Prc del controlador 10 o similar a través del control de retroalimentación con referencia a la información de posición detectada Pd del detector de posición 32.

Para ejecutar dicho control de retroalimentación, el controlador de posición 41 en el controlador de rotación 24 calcula inicialmente una desviación posicional como diferencia entre la orden de posición Prc y la información de posición detectada Pd del detector de posición 32. A continuación, el controlador de posición 41 obtiene la orden de velocidad Sr mediante una operación aritmética, como por ejemplo la multiplicación de la desviación posicional por una ganancia de posición, y notifica al controlador de velocidad 43 la orden de velocidad Sr obtenida.

El controlador de velocidad 43 obtiene posteriormente la velocidad de rotación del motor 30 mediante una operación aritmética como por ejemplo la diferenciación de la información de posición Pd detectada recibida de esta manera. El controlador de velocidad 43 calcula además una desviación de velocidad como diferencia entre la velocidad de rotación calculada y la orden de velocidad Sr. El controlador de velocidad 43 ejecuta entonces una operación aritmética como por ejemplo una proporción e integración de la desviación de velocidad para obtener la orden de par Tr correspondiente a una cantidad de par de accionamiento del motor 30 en operación. El controlador de velocidad 43 notifica al procesador de par 46 la orden de par Tr obtenida de esta manera.

El procesador de par 46 transmite entonces, a la unidad de accionamiento 25, la orden de par Tr correspondiente a la cantidad de par de accionamiento como señal de comando de tensión Dr, en un caso donde no se produce un fallo de comunicación o algo similar.

La unidad de accionamiento 25 genera la tensión de accionamiento Vd de acuerdo con la señal de comando de tensión Dr proporcionada por el controlador de rotación 24. En concreto, el generador de salida de accionamiento 51 incluye un inversor que tiene un circuito de modulación de ancho de pulso (PWM) y un elemento de conmutación. El generador de salida de accionamiento 51 genera una señal de pulsos que es modulada en anchura de pulso por el circuito PWM de acuerdo con la señal de comando de tensión Dr, y genera la tensión de accionamiento Vd a través del control ENCENDIDO/APAGADO del elemento de conmutación en el inversor de acuerdo con la señal de pulsos. Durante la operación normal, la unidad de accionamiento 25 aplica, a las bobinas 31 para las fases respectivas por medio del interruptor de tensión de accionamiento 53 en estado ENCENDIDO, la tensión de accionamiento Vd generada de esta manera para accionar el motor 30.

El circuito DB 26 incluye interruptores del DB 61 y resistencias del DB 63. Los interruptores del DB 61 del circuito DB 26 se configuran para cambiar entre la conexión y la desconexión de la resistencia DB 63 correspondiente con respecto a la tensión de accionamiento Vd emitida de esta manera por la unidad de accionamiento 25.

El sistema de control de motores multiaxial 100 configurado de esta manera puede tener rotura o algo similar de al menos una de las líneas de comunicación 11, en concreto, la línea de comunicación A, la línea de comunicación B o la línea de comunicación C o fallo en la función de comunicación o algo similar de cualquier dispositivo de control de motores 20. Además, se puede producir un fallo de comunicación de tal manera que cualquier dispositivo de control de motores 20 no pueda recibir una señal de comando del controlador 10 o no pueda transmitir una señal de respuesta al controlador 10. En la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo de control de motores 20 adopta de forma selectiva la función de parada de emergencia de cada uno del controlador de rotación 24 y la unidad de accionamiento 25 o circuito DB 26 para dejar de accionar el motor correspondiente cuando se detecta dicho fallo de comunicación.

Dicha parada de accionamiento del motor se describirá en detalle a continuación. La presente forma de realización de ejemplo proporciona las tres funciones siguientes para la parada de accionamiento del motor.

Estas funciones incluyen una primera función (en lo sucesivo en la presente memoria, denominada función de parada inmediata) de detener inmediatamente el motor 30 haciendo que el controlador de rotación 24 genere par de frenado. Para permitir esta función de parada inmediata, el controlador de velocidad 43 se configura para operar de acuerdo con una orden de velocidad cero como una orden de velocidad para velocidad cero. El controlador de rotación 24 incluye una memoria de cantidad de par 44 configurado para almacenar una cantidad de par de frenado preestablecida y similares. Según se representa en la FIG. 5, el dispositivo de control de motores 20 se configura para hacer que el controlador de comunicación 14 notifique al controlador de velocidad 43 y al procesador de par 46 la orden de parada Em1. Esta función de parada inmediata se activa o desactiva de acuerdo con la orden de parada Em1.

Durante la operación normal, la orden de parada Em1 indica la desactivación de la parada inmediata, y el controlador de velocidad 43 calcula la orden de par Tr siguiendo la orden de velocidad Sr del controlador de posición 41 o la orden de velocidad Src del controlador de comunicación 14, y emite la orden de par Tr calculado. En este caso, se desactiva la parada inmediata. El procesador de par 46 selecciona en consecuencia la orden de par Tr del controlador de velocidad 43 y transmite la señal de comando de tensión Dr correspondiente a la orden de par Tr a la unidad de accionamiento 25. De este modo la operación normal continúa.

Por el contrario, cuando la orden de parada Em1 indica la activación de la parada inmediata, el regulador de velocidad 43 cambia inicialmente de una operación de acuerdo con la orden de velocidad Sr o la orden de velocidad Src a una operación de acuerdo con la orden de velocidad cero. El motor 30 en operación a cierta velocidad se controla entonces para que tenga velocidad cero, y el controlador de velocidad 43 genera la orden de par Tr correspondiente al par de frenado para detener la rotación del motor 30. La parada inmediata se activa en este caso. En consecuencia, el procesador de par 46 lee de la memoria de cantidad de par 44 la orden de par de frenado Tb, que indica una cantidad de par de frenado predeterminada, y transmite la señal de comando de tensión Dr correspondiente a la orden de par de frenado Tb a la unidad de accionamiento 25. En consecuencia, la unidad de accionamiento 25 aplica a cada bobina 31 una tensión de accionamiento Vd para frenar la rotación del motor 30 y la rotación del motor 30 se detiene.

Las funciones para detener el accionamiento del motor también incluyen una segunda función (en lo sucesivo en la presente memoria, denominada función de parada sin accionamiento) de parada de forma natural del motor 30

mediante la parada del suministro de tensión de accionamiento Vd desde la unidad de accionamiento 25 al motor 30. Para habilitar esta función de parada sin accionamiento, la unidad de accionamiento 25 incluye un interruptor de tensión de accionamiento 53 configurado para cambiar entre la conexión y la desconexión de la salida de tensión de accionamiento desde el generador de salida de accionamiento 51 hacia y desde las bobinas 31 del motor 30. El interruptor de tensión de accionamiento 53 se enciende o apaga de acuerdo con la segunda orden de parada Em2 del controlador de comunicación 14, según se representa en la FIG. 5.

Durante la operación normal, la orden de parada Em2 indica la desactivación de la parada sin accionamiento, el interruptor de tensión de accionamiento 53 se enciende y el generador de salida de accionamiento 51 se conecta a las bobinas 31 para permitir la transmisión. En consecuencia, la unidad de accionamiento 25 alimenta las bobinas 31 con una tensión de salida del generador de salida de accionamiento 51 como tensión de accionamiento Vd. Por el contrario, cuando la orden de parada Em2 indica la activación de la parada sin accionamiento, el interruptor de tensión de accionamiento 53 se apaga y la unidad de accionamiento 25 se desconecta de las bobinas 31 para desactivar la transmisión. En este estado desconectado, la unidad de accionamiento 25 no aplica tensión de accionamiento Vd a las bobinas 31 y las bobinas 31 no se electrifican, de modo que el motor 30 se detiene de forma natural sin ser accionado. En lugar del interruptor de tensión de accionamiento 53, el elemento de conmutación del inversor incluido en el generador de salida de accionamiento 51 se puede configurar para cambiar entre la conexión y la desconexión de la tensión de accionamiento Vd.

Las funciones para detener el accionamiento del motor también incluyen una tercera función (en lo sucesivo en la presente memoria, denominada función de parada del DB) para detener el motor 30 activando el frenado dinámico del circuito DB 26. Para habilitar esta función de parada del DB, se proporciona el circuito DB 26 descrito anteriormente. Cuando se activa la función de parada del DB, también se activa la función de parada sin accionamiento descrita anteriormente.

Según se representa en la FIG. 5, el circuito DB 26 incluye interruptores del DB 61 y resistencias del DB 63 correspondientes a las fases respectivas. Los interruptores del DB 61 tienen cada uno un primer extremo conectado a un puerto de entrada para la tensión de accionamiento Vd de la bobina 31 correspondiente, y un segundo extremo conectado a un primer extremo de la resistencia DB 63 correspondiente, y las resistencias del DB 63 tienen los segundos extremos conectados entre sí. Cada interruptor DB 61 se enciende o se apaga de acuerdo con la tercera orden de parada Em3 del controlador de comunicación 14.

Durante la operación normal, la orden de parada Em3 indica la desactivación de la parada del DB, los interruptores del DB 61 se apagan y las resistencias del DB 63 no están conectadas a las bobinas 31. Por el contrario, cuando la orden de parada Em3 indica la activación de la parada del DB, los interruptores del DB 61 se encienden, y las resistencias del DB 63 se conectan a las bobinas 31. Esto hace que varios terminales de salida del dispositivo de control de motores 20 al motor 30, en concreto, los terminales de suministro de tensión de accionamiento de las bobinas 31, se cortocircuiten por medio de las resistencias del DB 63. En consecuencia, las resistencias del DB 63 reciben la fuerza contraelectromotriz generada por las bobinas 31 mientras el motor 30 está girando, y convierten la energía de la fuerza contraelectromotriz en energía térmica para consumir. La función de parada del DB permite, mediante la operación descrita anteriormente, la generación de par para frenar la rotación del motor 30, para detener el motor 30.

Según se describió anteriormente, el controlador de rotación 24 genera la orden de par Tr de acuerdo con una señal de comando, y la unidad de accionamiento 25 emite la tensión de accionamiento Vd correspondiente a la orden de par Tr para accionar el motor 30. El controlador de rotación 24 emite además una orden de par de frenado Tb con una cantidad preestablecida en el dispositivo de control de motores 20, para ejecutar la parada inmediata del motor 30 o la parada sin accionamiento desconectando la electrificación al motor 30 como se describió anteriormente. Después de dicha parada sin accionamiento, el circuito DB 26 se puede activar o desactivar para lograr el frenado (parada del DB) mediante frenado dinámico.

La descripción anterior supone un fallo de comunicación. Obviamente, la parada inmediata se puede ejecutar como un tipo de operación durante la operación normal del motor 30, también durante la comunicación normal. Para ejecutar la parada inmediata durante la comunicación normal, el controlador 10 puede transmitir, al controlador de velocidad 43 en cada dispositivo de control de motores 20, una orden de velocidad cero para hacer que el motor 30 tenga velocidad cero. En consecuencia, el controlador de velocidad 43 genera como comando de par Tr, una orden de salida de par de frenado que indica una cantidad de par de frenado necesario para la parada inmediata. La orden de velocidad cero y la orden de salida de par de frenado para la parada inmediata están íntimamente relacionadas entre sí. En concreto, el procesador de par 46 se conecta al controlador de velocidad 43 y controla de forma exhaustiva una cantidad de par de frenado de salida con referencia también a la información de control de velocidad.

Durante el fallo de comunicación, el controlador de comunicación 14 controla las unidades del dispositivo de control de motores 20 detectando el fallo de comunicación, no de acuerdo con una orden del controlador 10. Cuando se produce un fallo de comunicación, el controlador de comunicación 14 emite una orden de parada Em de acuerdo con una situación del fallo. En un caso de ejemplo donde el controlador de comunicación 14 emite la primera orden de parada Em1, el controlador de rotación 24 ejecuta el procesamiento de forma similar a un caso en el que la orden de velocidad cero se recibe normalmente desde el controlador 10. Según se describió anteriormente, el controlador de

rotación 24 lee de la memoria de cantidad de par 44 la orden de par de frenado  $T_b$  correspondiente a la cantidad de par de frenado preestablecida necesaria para la ejecución de la función de parada inmediata y transmite, a la unidad de accionamiento 25, la orden de par de frenado  $T_b$  como señal de comando de tensión  $D_r$ . La unidad de accionamiento 25 transmite, además, a las bobinas 31, la tensión de accionamiento  $V_d$  correspondiente a la señal de comando de tensión  $D_r$ . En un caso donde el dispositivo de control de motores 20 ejecuta la función de parada inmediata y el circuito DB 26 está desactivado, obviamente el par de frenado para el motor de frenado 30 corresponde a la orden de par de frenado  $T_b$  emitida desde el procesador de par 46.

El sistema de control de motores multiaxial 100 configurado de esta manera se describirá a continuación en términos de operación y efectos.

La FIG. 6A, la FIG. 6B y la FIG. 6C (en lo sucesivo en la presente memoria, denominadas como FIG. 6A a FIG. 6C cuando proceda) indican cada una la operación cronológica del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 en un caso donde el sistema de control de motores multiaxial 100 para dos ejes representado en la FIG. 4 tiene un fallo de comunicación según se describió anteriormente. La FIG. 6A indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 201 se interrumpe. La FIG. 6B indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje 201 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 se interrumpe. La FIG. 6C indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 y el controlador 10 se interrumpe. Para una mejor comprensión de la operación de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, las FIG. 6A a FIG. 6C indican cada una principalmente la operación del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 relevantes para la parada de emergencia de los motores 30 al detectar un fallo de comunicación.

Inicialmente se describe la relación entre el periodo de actualización de órdenes TC del controlador 10 y el periodo de control/comunicación de motores TN de los dispositivos de control de motores 20 (en lo sucesivo en la presente memoria, el periodo de actualización de órdenes TC y el periodo de control/comunicación de motores TN se abreviarán como periodo TC y periodo TN, respectivamente, cuando proceda). Según se describió anteriormente, el periodo TC es un periodo de referencia para la transmisión de una señal de comando. Un periodo TC incluye al menos un periodo TN como un periodo de referencia para la ejecución del control del motor y la comunicación en cada dispositivo de control de motores 20. Como se indica en las FIG. 6A a FIG. 6C, la presente forma de realización de ejemplo asume que un periodo TC incluye varios periodos TN. El periodo TC y el periodo TN se preestablecen antes de que el sistema de control de motores multiaxial 100 opere. La aparición de un fallo de comunicación y la detección del fallo en el controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 se pueden incluir en un periodo TC idéntico o en periodos TC diferentes entre sí, dependiendo de la relación entre los valores establecidos de estos dos periodos. La operación desde la emisión de una señal de comando por parte del controlador 10 en un momento determinado hasta el accionamiento y parada de los motores 30 por parte de los dispositivos de control de motores 20 para los múltiples ejes se ejecuta en un periodo idéntico para los dispositivos de control de motores 20. La operación desde la aparición de un fallo de comunicación en un momento determinado hasta la detección del fallo de comunicación por parte de los controladores de comunicación 14 en los dispositivos de control de motores 20 también se ejecuta en un periodo idéntico para los dispositivos de control de motores 20. El periodo idéntico para los dispositivos de control de motores 20 se prefiere que sea idéntico al periodo de control del motor/comunicación TN en la presente forma de realización de ejemplo.

A continuación, se describe en forma de ejemplo la operación detallada durante los periodos  $TC = T_2$  a  $T_4$  posteriores al periodo de actualización de órdenes  $TC = T_1$  durante el cual se produce un fallo de comunicación, tras la detección del fallo por parte del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20. Según se indica en las FIG. 6A a FIG. 6C, los periodos de actualización de órdenes TC se especifican como periodos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  en este orden, y los periodos TC incluyen cada uno un número predeterminado de periodos TN. Cuando se usa un signo igual "=" como en periodo  $TC = T_1$ , el periodo de actualización de órdenes TC corresponde al periodo  $T_1$ .

Las flechas en las FIG. 6A a FIG. 6C indican un flujo de operación (procesamiento) del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20. Las flechas de líneas continuas indican un flujo de procesamiento directamente relevante para la operación de parada de emergencia de los motores 30. Las flechas de las líneas discontinuas indican un flujo de procesamiento no directamente relevante para la operación de parada de emergencia de los motores 30. En un caso de ejemplo donde la velocidad de comunicación entre los dispositivos y la velocidad de procesamiento de los dispositivos son suficientemente altas, el procesamiento relevante para la operación de parada de emergencia ejecutado durante los periodos  $TC = T_2$  a  $T_4$  se puede ejecutar opcionalmente en su totalidad al final de cualquiera de los periodos  $TC = T_2$  a  $T_4$ . En los siguientes ejemplos prácticos se asume que se ejecutan uno o dos procesamientos durante cada periodo TC, para una mejor comprensión del flujo de procesamiento del controlador 10 y de los dispositivos de control de motores 20.

Cada operación de ejemplo que se describirá a continuación hace referencia a la operación después de la detección de un fallo de comunicación. Por lo tanto, la siguiente descripción no incluirá la operación normal ejecutada antes del periodo  $TC = T_1$ .

(Operación de ejemplo adecuada para comprender la invención 1A)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 201 se interrumpe, se describirá inicialmente como operación de ejemplo 1A. En lo sucesivo en la presente memoria, el dispositivo de control del motor del primer eje 201 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 se abreviarán como dispositivos 201 y 202, respectivamente, cuando proceda.

Como indica la FIG. 6A "se produce un fallo", la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201 se interrumpe durante el periodo de actualización de órdenes  $TC = T1$ , debido a la rotura o similar de la línea de comunicación A o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 201.

En respuesta a un hecho de este tipo de que "se produce un fallo", el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 201 y 202 detecta el fallo de comunicación posteriormente durante el periodo  $TN = N$  (N es un número natural, lo mismo se aplica en lo sucesivo en la presente memoria) en el periodo  $TC = T2$ .

Debido a que el fallo de comunicación es detectado en cada uno de los dispositivos 201 y 202, los dispositivos 201 y 202 cambian cada uno de operación de acuerdo con una orden recibida del controlador 10 a la operación de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo, posteriormente durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . El dispositivo 201 ejecuta la parada inmediata según se indica en la FIG. 6A, de acuerdo con la orden de par de frenado  $Tb$  con el valor de par de frenado A preestablecido en la memoria de cantidad de par 44 en el controlador de rotación 24. En concreto, en el dispositivo 201, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em1 indicando la activación de la parada inmediata, y el controlador de rotación 24 ejecuta la función de parada inmediata. Las órdenes de parada Em2 y Em3 indican la desactivación en este caso.

Mientras tanto, según se indica en la FIG. 6A, el dispositivo 202 ejecuta la parada sin accionamiento durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . En concreto, en el dispositivo 202, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em2 indicando la activación de la parada sin accionamiento, y la unidad de accionamiento 25 ejecuta la función de parada sin accionamiento. Para la ejecución de la parada sin accionamiento, es preferible que el controlador de comunicación 14 emita la orden de parada Em3 indicando la activación de la parada del DB, para activar el circuito DB 26 y aplicar la parada del DB mediante frenado dinámico.

El valor de par de frenado A para la parada inmediata en la operación de ejemplo 1A es preferiblemente igual en cantidad al par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 100. El valor de par máximo se establece para minimizar la distancia de parada de cada uno de los múltiples ejes de accionamiento. Aunque un par inferior al par máximo conduce a una mayor distancia de parada, la cantidad de par se puede determinar teniendo en cuenta un error de posición de parada entre los múltiples ejes, la generación de calor por los circuitos de DB y similares, para que sea necesaria y suficiente.

La operación de ejemplo 1A no adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201, sino que incluye la aplicación de par de frenado mediante la función de parada inmediata mientras al menos un motor 30 siga estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 1A permite que los motores 30 para los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. Sin embargo, la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201 falla. Obviamente, una señal de comando del controlador 10 no logra alcanzar a cada uno de los dispositivos 201 y 202 para ser ignorada. Incluso si la comunicación se recupera a un estado normal durante el periodo  $TC = T3$ , los dispositivos 201 y 202 ya están parados y la orden de parada inmediata por lo tanto es ignorada en la operación de ejemplo 1A.

Según se describió anteriormente, los dispositivos 201 y 202 detectan cada uno un fallo en la operación de ejemplo 1A. Para ejecutar la operación de ejemplo 1A, el sistema de control de motores multiaxial 100 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que el dispositivo 202 que ha detectado el fallo desconecta la electrificación al motor 30, y el dispositivo 201 que no desconecta la electrificación emite la tensión de accionamiento  $Vd$  de acuerdo con la orden de par de frenado  $Tb$  preestablecido en el controlador de rotación 24, con el fin de detener los motores 30.

El sistema de control de motores multiaxial 100 se configura según se describió anteriormente y, por lo tanto, ejecuta un procedimiento obtenido mediante la combinación de la función de parada inmediata y la función de parada sin accionamiento durante el fallo. En consecuencia, el eje al que se aplica la parada inmediata se detiene rápidamente, mientras que el eje al que se aplica la parada sin accionamiento se detiene gradualmente de forma natural. En particular en un caso donde la estructura de pórtico como el mecanismo objetivo de control 35 representado en la FIG. 4 es un objetivo de control, el eje X1 se detiene inmediatamente mientras que el eje X2 se mueve lentamente para detenerse, por ejemplo. Todo el objetivo de control se detiene a través de dicho movimiento, de modo que la tensión aplicada a la carga 36 puede disminuir en comparación con la operación de detener inmediatamente tanto el eje X1 como el eje X2. Además, uno de los ejes se detiene inmediatamente y por lo tanto puede necesitar una distancia de

parada más corta y un tiempo de parada más corto en comparación con la operación de detener todos los ejes de forma natural.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En concreto, cuando al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo desconecta la electrificación del motor. Al menos uno de los dispositivos de control de motores que no desconecta la electrificación del motor emite una orden de par como par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo adecuada para comprender la invención 1B)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 201 y 202 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 1B.

Como indica la FIG. 6B "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 201 y 202 se interrumpe durante el periodo de actualización de órdenes  $TC = T1$ , debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación B o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 202.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 201 recibe normalmente una orden del controlador 10 y el dispositivo 201 ejecuta la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 202 detecta un fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

Debido a que el fallo de comunicación se detecta en el dispositivo 202, el dispositivo 202 cambia de operación de acuerdo con una orden recibida del controlador 10 a la operación de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo para ejecutar la parada sin accionamiento, posteriormente durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . En concreto, en el dispositivo 202, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em2 indicando la activación de la parada sin accionamiento, y la unidad de accionamiento 25 ejecuta la función de parada sin accionamiento. Para la ejecución de la parada sin accionamiento, se prefiere activar el circuito DB 26 y aplicar la parada del DB mediante frenado dinámico según se describe en la operación de ejemplo 1A.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. En este caso, el dispositivo 201 continúa la operación ordinaria, mientras que el dispositivo 202 se mantiene en un estado de parada sin accionamiento.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T4$ , una señal de comando emitida desde el controlador 10 para la orden de parada inmediata a cada motor 30 es recibida por el dispositivo 201, y el dispositivo 201 ejecuta la parada inmediata con el valor de par de frenado A. En este caso, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 201 transmite la orden de parada Em1 al controlador de rotación 24 o similar de acuerdo con la orden de parada inmediata del controlador 10. El procesador de par 46 en el dispositivo 201 lee a continuación la orden de par de frenado Tb con el valor de par de frenado A de la memoria de cantidad de par 44. La función de parada inmediata se ejecuta de esta manera en el dispositivo 201. Por el contrario, obviamente la señal de comando del controlador 10 no es recibida por el dispositivo 202 para ser ignorada y que el dispositivo 202 se mantenga en el estado de parada sin accionamiento.

El valor de par de frenado A para la parada inmediata en la operación de ejemplo 1B es preferiblemente igual en cantidad al par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 100. El par máximo se ajusta para minimizar la distancia de parada de cada uno de los ejes de accionamiento. Aunque un par inferior al par máximo conduce a una mayor distancia de parada, la cantidad de par se puede determinar teniendo en cuenta un error de posición de parada entre los múltiples ejes, la generación de calor por los circuitos de DB y similares, para que sea necesaria y suficiente.

La operación de ejemplo 1B no adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 201 y 202, sino que incluye la aplicación de par de frenado mediante la función de parada inmediata mientras al menos un motor 30 siga estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 1B permite que los motores 30 para los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente, con referencia a la operación de ejemplo 1B, el sistema de control de motores multiaxial 100 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que el dispositivo 202 que ha detectado un fallo desconecta la electrificación al motor 30, y el dispositivo 201 que no desconecta la electrificación emite la tensión de accionamiento Vd correspondiente a la orden de par de frenado Tb de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador 10, con el fin de detener los motores 30.

El sistema de control de motores multiaxial 100 también se configura según se describió anteriormente y, por lo tanto, ejecuta el procedimiento obtenido mediante la combinación de la función de parada inmediata y la función de parada sin accionamiento durante el fallo, como en la operación de ejemplo 1A. La tensión aplicada a la carga 36 por lo tanto

se puede disminuir en comparación con la operación de detener inmediatamente tanto el eje X1 como el eje X2 en la FIG. 4. Además, uno de los ejes se detiene inmediatamente y por lo tanto puede necesitar una distancia de parada más corta y un tiempo de parada más corto en comparación con la operación de detener todos los ejes de forma natural.

- 5 La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En concreto, cuando al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo desconecta la electrificación del motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores que no cancela la electrificación del motor emite una orden de par como par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 1C)

- 15 La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo 202 y el controlador 10 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 1C. La operación de ejemplo 1C hace referencia únicamente al sistema de control de motores multiaxial 100 con conexión en anillo.

Como indica la FIG. 6C "se produce un fallo", la comunicación entre el dispositivo 202 y el controlador 10 se interrumpe durante el periodo de actualización de órdenes  $TC = T1$ , debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación C o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio controlador 10.

- 20 Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. Los dispositivos 201 y 202 continúan cada uno la operación ordinaria.

- 25 Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , los dispositivos 201 y 202 ejecutan cada uno la parada inmediata con el valor de par de frenado B de acuerdo con la orden recibida del controlador 10. El valor de par de frenado B para la parada inmediata en la operación de ejemplo 1C preferiblemente tiene una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 100 por un número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los dos ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado B tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por dos como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado B corresponde a la mitad del par de frenado A mencionado anteriormente. Además, se prefiere que dos cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

- 35 La operación de ejemplo 1C tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el dispositivo 202 y el controlador 10, sino que incluye la aplicación de par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 1C permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

- 40 Según se describió anteriormente, con referencia a la operación de ejemplo 1C, el sistema de control de motores multiaxial 100 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que, cuando el controlador 10 detecta un fallo en la recepción de una señal de respuesta del dispositivo 202 a una señal de comando, todos los dispositivos 201 y 202 emiten cada uno un par de frenado de acuerdo con la señal de comando del controlador 10 para detener el motor 30.

- 45 La descripción anterior hace referencia al sistema de control de motores multiaxial en anillo 100 configurado según se representa en la FIG. 4, pero se puede aplicar también a un sistema de control de motores multiaxial en línea.

- 50 La FIG. 7 es un diagrama de bloques que representa una configuración del sistema de control de motores multiaxial en línea 110 como otra configuración de ejemplo del sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo de la presente invención. El sistema de control de motores multiaxial en línea 110 representado en la FIG. 7 es diferente del sistema de control de motores representado en la FIG. 4 en que no se proporciona ninguna línea de comunicación C que conecte entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 202, y el controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 se conectan entre sí por medio de una conexión en línea bidireccional por medio de dispositivos de transmisión-recepción 17. La configuración para detener los motores 30 durante un fallo, según se describe con referencia a cada una de las operaciones de ejemplo 1A a 1C, también se puede aplicar a este sistema de conexión en línea.

La descripción anterior ejemplifica el control del mecanismo objetivo de control 35 que tiene la estructura de pórtico como en la FIG. 4 o la FIG. 7. El mecanismo objetivo de control sólo tiene que incluir múltiples ejes de accionamiento

controlados por un único controlador 10. En concreto, el mecanismo objetivo de control puede incluir múltiples ejes de accionamiento vinculados mecánicamente como se ejemplifica normalmente en la estructura de pórtico, o puede incluir alternativamente múltiples ejes de accionamiento no vinculados mecánicamente, pero controlados por un único controlador 10. La descripción anterior ejemplifica el caso de control de forma síncrona de múltiples ejes de accionamiento vinculados mecánicamente. Los múltiples ejes de accionamiento no vinculados mecánicamente se pueden controlar de manera similar. Aún de forma alternativa, el controlador 10 controla los dispositivos de control de motores para los múltiples ejes a controlar de forma síncrona, suponiendo que los ejes incluyen un eje maestro y los restantes ejes esclavos. En este caso, los dispositivos de control de motores 20 incluyen cada uno un dispositivo de memoria (por ejemplo, una memoria volátil o no volátil o un registro) que almacena un parámetro preestablecido que indica si el dispositivo de control de motores 20 corresponde al eje maestro o a uno de los ejes esclavos.

(Segunda forma de realización de ejemplo)

La FIG. 8 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo del sistema de control de motores multiaxial 200 para tres ejes de acuerdo con una segunda forma de realización de ejemplo de la presente invención. Según se representa en la FIG. 8, el sistema de control de motores multiaxial 200 configura un sistema de control de motores triaxial que incluye el controlador 10 y tres dispositivos de control de motores 20 conectados para formar una forma de anillo. En concreto, en la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo de control de motores 20 adicional se conecta en serie entre los dos dispositivos de control de motores 20 representados en la FIG. 1. El controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 se configuran cada uno como en las configuraciones internas representadas en la FIG. 4 y la FIG. 5. Una parte idéntica o correspondiente a una parte de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo se indicará mediante un símbolo de referencia idéntico y no se describirá parcialmente.

En la configuración triaxial de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo representada en la FIG. 8, el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 y el dispositivo de control del motor del tercer eje 203 tienen conexión de red por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación D, y el dispositivo de control del motor del tercer eje 203 y el controlador 10 tienen conexión de red por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación C.

El sistema de control de motores multiaxial 200 configurado de esta manera se describirá a continuación en términos de operación y efectos.

La FIG. 9A, la FIG. 9B, la FIG. 9C y la FIG. 9D (en lo sucesivo en la presente memoria, denominadas como la FIG. 9A a la FIG. 9D cuando proceda) indican cada una la operación cronológica del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 en un caso donde el sistema de control de motores multiaxial 200 para tres ejes representado en FIG. 8 tiene fallo de comunicación según se describe en la primera forma de realización de ejemplo. La FIG. 9A indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 201 se interrumpe. La FIG. 9B indica una operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje 201 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 se interrumpe. La FIG. 9C indica una operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 y el dispositivo de control del motor del tercer eje 203 se interrumpe. La FIG. 9D indica una operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del tercer eje 203 y el controlador 10 se interrumpe. Para una mejor comprensión de la operación de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, las FIG. 9A a la FIG. 9D indican cada una principalmente la operación del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 20 relevantes para la parada de emergencia de los motores 30 después de detectar un fallo de comunicación. Al igual que en la primera forma de realización de ejemplo, en lo sucesivo en la presente memoria, los dispositivos de control de motores se especificarán debidamente identificándolos como dispositivo 201, dispositivo 202 y dispositivo 203, mientras que cada uno de los dispositivos de control de motores se denominará genéricamente dispositivo de control de motores 20.

(Operación de ejemplo adecuada para comprender la invención 2A)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 201 se interrumpe en la configuración representada en la FIG. 8 se describirá inicialmente como operación de ejemplo 2A.

Como indica la FIG. 9A "se produce un fallo", la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201 se interrumpe durante el periodo  $TC = T_1$ , debido a una rotura o algo similar de la línea de comunicación A o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 201.

En respuesta a un hecho de este tipo de que "se produce un fallo", el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 201, 202 y 203 detecta posteriormente el fallo de comunicación durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T_2$ .

Debido a que el fallo de comunicación se detecta en cada dispositivo de control de motores 20, cada dispositivo de control de motores 20 cambia de operación de acuerdo con una orden recibida del controlador 10 a la operación de

acuerdo con un control individual para el propio dispositivo, posteriormente durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . El dispositivo 201 ejecuta la parada inmediata según se indica en la FIG. 9A, de acuerdo con la orden de par de frenado  $Tb$  con el valor de par de frenado  $A'$  preestablecido en la memoria de cantidad de par 44 en el controlador de rotación 24. En concreto, en el dispositivo 201, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em1 indicando la activación de la parada inmediata, y el controlador de rotación 24 ejecuta la función de parada inmediata. Las órdenes de parada Em2 y Em3 indican la desactivación en este caso.

Mientras tanto, según se indica en la FIG. 9A, los dispositivos 202 y 203 ejecutan cada uno la parada sin accionamiento durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . En concreto, en cada uno de los dispositivos 202 y 203, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em2 indicando la activación de la parada sin accionamiento, y la unidad de accionamiento 25 ejecuta la función de parada sin accionamiento. Para la ejecución de la parada sin accionamiento, es preferible que el controlador de comunicación 14 emita la orden de parada Em3 indicando la activación de la parada del DB, para activar el circuito DB 26 y aplicar la parada del DB mediante frenado dinámico.

El valor de par de frenado  $A'$  para la parada inmediata en la operación de ejemplo 2A es preferiblemente igual en cantidad al par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 200. El valor de par máximo se establece para minimizar la distancia de parada de cada uno de los múltiples ejes de accionamiento. Aunque un par inferior al par máximo conduce a una mayor distancia de parada, la cantidad de par se puede determinar teniendo en cuenta un error de posición de parada entre los múltiples ejes, la generación de calor por los circuitos de DB y similares, para que sea necesaria y suficiente.

La operación de ejemplo 2A no adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201, sino que incluye la aplicación de par de frenado mediante la función de parada inmediata mientras al menos un motor 30 siga estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos según la operación de ejemplo 2A permite que los motores 30 para los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. Sin embargo, la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 201 falla. Obviamente, una señal de comando del controlador 10 no logra alcanzar a cada uno de los dispositivos 201, 202 y 203 para ser ignorada. Incluso si la comunicación se recupera a un estado normal durante el periodo  $TC = T3$ , los dispositivos 201, 202, y 203 ya están parados y por lo tanto la orden de parada inmediata es ignorada en la operación de ejemplo 2A.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 2A, el sistema de control de motores multiaxial 200 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que cada uno de los dispositivos 202 y 203 que ha detectado un fallo desconecta la electrificación al motor 30, y el dispositivo 201 que no desconecta la electrificación emite la tensión de accionamiento  $Vd$  de acuerdo con la orden de par de frenado  $Tb$  preestablecido en el controlador de rotación 24, con el fin de detener los motores 30.

En el sistema de control de motores multiaxial 200 configurado de esta manera, como en la operación de ejemplo 1A, la tensión aplicada a la carga 36 se puede disminuir en comparación con la operación de detener inmediatamente tanto el eje X1 como el eje X2 en la FIG. 4. Además, al menos uno de los ejes se detiene inmediatamente y por lo tanto puede necesitar una distancia de parada más corta y un tiempo de parada más corto en comparación con la operación de detener de forma natural todos los ejes.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los tres dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En concreto, cuando al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo desconecta la electrificación del motor. Al menos uno de los dispositivos de control de motores que no desconecta la electrificación del motor emite una orden de par como par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo adecuada para comprender la invención 2B)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 201 y 202 se interrumpe se describirá a continuación como operación de ejemplo 2B.

Como indica la FIG. 9B "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 201 y 202 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$ , debido a una rotura o algo similar de la línea de comunicación B o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 202.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 201 recibe normalmente una orden del controlador 10 y el dispositivo 201 ejecuta la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 202 y 203 detecta un fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

Debido a que el fallo de comunicación se detecta en cada uno de los dispositivos 202 y 203, los dispositivos 202 y 203 cambian cada uno de operación de acuerdo con una orden recibida del controlador 10 a la operación de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo para ejecutar la parada sin accionamiento, posteriormente durante el período  $T_N = N + 1$  en el período  $T_C = T_2$ . En concreto, en cada uno de los dispositivos 202 y 203, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em2 indicando la activación de la parada sin accionamiento, y la unidad de accionamiento 25 ejecuta la función de parada sin accionamiento. Para la ejecución de la parada sin accionamiento, de forma similar a lo anterior, se prefiere activar el circuito DB 26 y aplicar la parada del DB mediante frenado dinámico.

Posteriormente, durante el período  $T_C = T_3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. En este caso, el dispositivo 201 continúa su operación normal, mientras que los dispositivos 202 y 203 se mantienen en estado de parada sin accionamiento.

Posteriormente, durante el período  $T_C = T_4$ , el dispositivo 201 recibe una señal de comando emitida desde el controlador 10 para la orden de parada inmediata a cada motor 30, y el dispositivo 201 ejecuta la parada inmediata con el valor de par de frenado A'. En este caso, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 201 transmite la orden de parada Em1 al controlador de rotación 24 o algo similar de acuerdo con la orden de parada inmediata del controlador 10. A continuación, el procesador de par 46 del dispositivo 201 lee la orden de par de frenado Tb con el valor de par de frenado A' de la memoria de cantidad de par 44. La función de parada inmediata se ejecuta de esta manera en el dispositivo 201. Por el contrario, obviamente la señal de comando del controlador 10 no es recibida por los dispositivos 202 y 203 para ser ignorada, y los dispositivos 202 y 203 se mantienen en el estado de parada sin accionamiento.

El valor de par de frenado A' para la parada inmediata en la operación de ejemplo 2B es igual en cantidad preferiblemente al par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 200. El par máximo se ajusta para minimizar la distancia de parada de cada uno de los ejes de accionamiento. Aunque un par inferior al par máximo conduce a una mayor distancia de parada, la cantidad de par se puede determinar teniendo en cuenta un error de posición de parada entre los múltiples ejes, la generación de calor por los circuitos de DB y similares, para que sea necesaria y suficiente.

La operación de ejemplo 2B no adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 201 y 202, sino que incluye la aplicación de par de frenado mediante la función de parada inmediata mientras al menos un motor 30 siga estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 2B permite que los motores 30 para los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 2B, el sistema de control de motores multiaxial 200 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que cada uno de los dispositivos 202 y 203 que ha detectado un fallo desconecta la electrificación al motor 30, y el dispositivo 201 que no desconecta la electrificación emite la tensión de accionamiento Vd correspondiente a la orden de par de frenado Tb de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente desde el controlador 10, con el fin de detener los motores 30.

El sistema de control de motores multiaxial 200 también se configura según se describió anteriormente y, por lo tanto, ejecuta el procedimiento obtenido mediante la combinación de la función de parada inmediata y la función de parada sin accionamiento durante el fallo, como en la operación de ejemplo 1B. La tensión aplicada a la carga 36 por lo tanto se puede disminuir en comparación con la operación de detener inmediatamente tanto el eje X1 como el eje X2 en la FIG. 4. Además, uno de los ejes se detiene inmediatamente y por lo tanto puede necesitar una distancia de parada más corta y un tiempo de parada más corto en comparación con la operación de detener todos los ejes de forma natural.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En concreto, cuando al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo desconecta la electrificación del motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores que no cancela la electrificación del motor emite una orden de par como par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 2C)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 202 y 203 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 2C.

Como indica la FIG. 9C "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 202 y 203 se interrumpe durante el período  $T_C = T_1$ , debido a una rotura o algo similar de la línea de comunicación D o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 203.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 201 y 202 recibe normalmente una orden del controlador 10, y los dispositivos 201 y 202 ejecutan la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 203 detecta un fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

- 5 Debido a que el fallo de comunicación se detecta en el dispositivo 203, el dispositivo 203 cambia de operación de acuerdo con una orden recibida del controlador 10 a la operación de acuerdo con el control individual para que el propio dispositivo ejecute la parada sin accionamiento, posteriormente durante el periodo  $TN = N + 1$  en el periodo  $TC = T2$ . En concreto, en el dispositivo 203, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada Em2 indicando la activación de la parada sin accionamiento, y la unidad de accionamiento 25 ejecuta la función de parada sin accionamiento. Para la ejecución de la parada sin accionamiento, de forma similar a lo anterior, se prefiere aplicar la parada del DB mediante frenado dinámico.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. En este caso, los dispositivos 201 y 202 continúan su operación normal, mientras que el dispositivo 203 se mantiene en el estado de parada sin accionamiento.

- 15 Posteriormente, durante el periodo  $TC = T4$ , cada uno de los dispositivos 201 y 202 recibe una señal de comando emitida desde el controlador 10 para la orden de parada inmediata a cada motor 30, y cada uno de los dispositivos 201 y 202 ejecuta la parada inmediata con el valor de par de frenado C. En este caso, el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 201 y 202 transmite la orden de parada Em1 al controlador de rotación 24 o algo similar de acuerdo con la orden de parada inmediata del controlador 10. A continuación, el procesador de par 46 en cada uno de los dispositivos 201 y 202 lee la orden de par de frenado Tb con el valor de par de frenado C desde la memoria de cantidad de par 44. La función de parada inmediata se ejecuta en cada uno de los dispositivos 201 y 202 de esta manera. Por el contrario, obviamente la señal de comando del controlador 10 no es recibida por el dispositivo 203 para ser ignorada y que el dispositivo 203 se mantenga en el estado de parada sin accionamiento.

- 25 El valor de par de frenado C para la parada inmediata en la operación de ejemplo 2C tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 200 por un número de ejes (dos en el presente ejemplo práctico) que se deben detener inmediatamente. Los dos ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado C tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por dos como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado C corresponde a la mitad del par de frenado A' mencionado anteriormente. Además, se prefiere que dos cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Aunque un par inferior al par máximo conduce a una mayor distancia de parada, la cantidad de par se puede determinar teniendo en cuenta un error de posición de parada entre los múltiples ejes, la generación de calor por los circuitos de DB y similares, para que sea necesaria y suficiente. En concreto, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

- La operación de ejemplo 2C no adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 202 y 203, sino que incluye la aplicación de par de frenado mediante la función de parada inmediata mientras al menos un motor 30 siga estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 2C permite que los motores 30 para los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

- Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 2C, el sistema de control de motores multiaxial 200 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que el dispositivo 203 que ha detectado un fallo desconecte la electrificación al motor 30, y cada uno de los dispositivos 201 y 202 que no desconectan la electrificación emita una tensión de accionamiento Vd correspondiente a la orden de par de frenado Tb de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente desde el controlador 10, con el fin de detener los motores 30.

- El sistema de control de motores multiaxial 200 también se configura según se describió anteriormente y, por lo tanto, ejecuta el procedimiento obtenido mediante la combinación de la función de parada inmediata y la función de parada sin accionamiento durante el fallo, como en la operación de ejemplo 1B y la operación de ejemplo 2B. La tensión aplicada a la carga 36 por lo tanto se puede disminuir en comparación con la operación de detener inmediatamente tanto el eje X1 como el eje X2 en la FIG. 4. Además, al menos uno de los ejes se detiene inmediatamente y por lo tanto puede necesitar una distancia de parada más corta y un tiempo de parada más corto en comparación con la operación de detener de forma natural todos los ejes.

- 55 La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los tres dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En concreto, cuando al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo desconecta la electrificación del motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores no cancela la

electrificación al motor emite una orden de par como par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 2D)

- 5 La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo 203 y el controlador 10 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 2D. La operación de ejemplo 2D hace referencia únicamente al sistema de control de motores multiaxial 200 con conexión en anillo.

Como indica la FIG. 9D "se produce un fallo", la comunicación entre el dispositivo 203 y el controlador 10 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$ , debido a una rotura o algo similar de la línea de comunicación C o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio controlador 10.

- 10 Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. Los dispositivos de control de motores 20 continúan la operación ordinaria.

- 15 Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , los dispositivos de control de motores 20 ejecutan cada uno la parada inmediata con el valor de par de frenado  $B'$  de acuerdo con la orden recibida del controlador 10. El valor de par de frenado  $B'$  para la parada inmediata en la operación de ejemplo 2D tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 200 por el número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los tres ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado  $B'$  tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por tres como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado  $B'$  corresponde a un tercio del par de frenado A mencionado anteriormente. Además, se prefiere que las tres cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada dispositivo de control de motores 20 de tal manera que la suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores 20 sea igual o inferior que el par de frenado máximo permitido del sistema de control de motores multiaxial 200.

- 25 La operación de ejemplo 2D tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación de cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el dispositivo 203 y el controlador 10, sino que incluye la aplicación de par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 2D permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

- 30 Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 2D, el sistema de control de motores multiaxial 200 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configura de tal manera que, cuando el controlador 10 detecta un fallo en la recepción de una señal de respuesta del dispositivo 203 a una señal de comando, todos los dispositivos 201, 202 y 203 emiten cada uno un par de frenado de acuerdo con la señal de comando del controlador 10 para detener el motor 30.

- 40 De manera similar al sistema de control de motores multiaxial en anillo 200 descrito anteriormente, un sistema de control de motores triaxial (no representado) con conexión en línea se puede configurar de tal manera que la configuración representada en la FIG. 2 se aplica con diferencia entre el sistema de control de motores biaxial con conexión en anillo representado en la FIG. 1 y el sistema de control de motores triaxial con conexión en anillo representado en la FIG. 7. La configuración descrita con referencia a cada una de la operación de ejemplo 2A a la operación de ejemplo 2D también se puede aplicar a una configuración en línea de este tipo.

- 45 Un método para detener de emergencia los motores 30 adoptado por el sistema de control de motores multiaxial 100, 200 para dos o tres ejes descrito anteriormente también se puede aplicar a un sistema de control de motores multiaxial para cuatro o más ejes correspondientes a los motores 30 y controlados de forma síncrona. La adición de un dispositivo de control de motores 20 correspondiente al dispositivo de control del motor del segundo eje 202 añadido para el aumento desde los dos ejes a los tres ejes es necesaria cada vez que se añade un eje. El dispositivo de control de motores 20 añadido se debe configurar para que ejecute la parada inmediata, la parada sin accionamiento o la parada inmediata después de transcurrir un tiempo predeterminado desde el final de la operación continua, de forma similar a los dispositivos de control de motores 20 adyacentes.

- 50 (Tercera forma de realización de ejemplo)

- La FIG. 10 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo del sistema de control de motores multiaxial 300 para dos ejes, con conexión en anillo, de acuerdo con una tercera forma de realización de ejemplo de la presente invención. La FIG. 11 es un diagrama de bloques que representa una configuración de ejemplo detallada del dispositivo de control de motores 50 según la tercera forma de realización de ejemplo de la presente invención. Según se representa en la FIG. 10, el sistema de control de motores multiaxial 300 configura un sistema de control de motores triaxial que incluye el controlador 10 y dos dispositivos de control de motores 50 conectados para formar una forma de anillo. En comparación con la primera forma de realización de ejemplo, el sistema de control de

motores multiaxial 300 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo incluye los dispositivos de control de motores 50 en lugar de los dispositivos de control de motores 20 de la primera forma de realización de ejemplo.

Los dispositivos de control de motores 20 de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo se configuran cada uno para que adopten de forma selectiva las tres funciones anteriores para detener el accionamiento del motor después de la detección de un fallo de comunicación. Por el contrario, los dispositivos de control de motores 50 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo se configuran para que detengan el accionamiento del motor adoptando únicamente la función de parada inmediata. De este modo, el controlador de comunicación 14 notifica al controlador de rotación 24 únicamente la orden de parada Em1. Cada dispositivo de control de motores 50 no incluye ningún circuito DB, y la unidad de accionamiento 55 en el dispositivo de control de motores 50 incluye únicamente el generador de salida de accionamiento 51. Un elemento constitutivo igual a un elemento constitutivo de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo se indicará mediante un símbolo de referencia idéntico y no se describirá en detalle de forma repetida.

El sistema de control de motores multiaxial 300 configurado de esta manera se describirá a continuación en términos de operación y efectos.

La FIG. 12A y la FIG. 12B (en lo sucesivo en la presente memoria, denominadas como FIG. 12A a FIG. 12B cuando proceda) indican cada una la operación cronológica del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 50 en un caso donde el sistema de control de motores multiaxial 300 para dos ejes representado en la FIG. 10 tiene fallo de comunicación según se describe en la primera forma de realización de ejemplo. La FIG. 12A indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 501 se interrumpe. La FIG. 12B indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje 501 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 502 se interrumpe. La operación durante la interrupción de la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje 502 y el controlador 10 es similar a la operación de ejemplo 1C descrita con referencia a la FIG. 6C en la primera forma de realización de ejemplo y no se describirá en detalle de forma repetida. Para una mejor comprensión de la operación de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, las FIG. 12A a FIG. 12B indican cada una principalmente la operación del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 50 relevantes para la parada de emergencia de los motores 30 después de la detección de un fallo de comunicación. Al igual que en la primera forma de realización de ejemplo, en lo sucesivo en la presente memoria, los dispositivos de control de motores se especificarán de forma apropiada identificándolos como dispositivos 501 y 502, mientras que cada uno de los dispositivos de control de motores se denominará genéricamente dispositivo de control de motores 50.

(Operación de ejemplo 3A)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 501 se interrumpe, se describirá inicialmente como operación de ejemplo 3A.

Como indica la FIG. 12A "se produce un fallo", la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$  como en la operación de ejemplo 1A, debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación A o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 501.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 501 y 502 detecta un fallo de comunicación.

Aunque el fallo de comunicación se detecta en este momento, en la operación de ejemplo 3A, los dispositivos 501 y 502 ejecutan posteriormente cada uno una operación con cambio a control individual para el propio dispositivo de acuerdo con la última orden del controlador 10 recibida más recientemente en el estado de comunicación normal (en lo sucesivo en la presente memoria, denominado operación continua). La operación continua se ejecuta durante un tiempo que se describirá más adelante.

Mientras tanto, el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30 durante el periodo  $TC = T3$ . Sin embargo, la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501 falla. Una señal de comando del controlador 10 obviamente no logra alcanzar cada uno de los dispositivos 501 y 502. Según se describió anteriormente, los dispositivos 501 y 502 ejecutan cada uno la operación continua de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo en este caso.

El tiempo para la operación continua está preestablecido en los dispositivos 501 y 502. El tiempo para la operación continua se establece teniendo en cuenta el periodo  $TC$  y el periodo  $TN$  requeridos debido a la velocidad de comunicación entre el controlador 10, el dispositivo 501 y el dispositivo 502, la velocidad de procesamiento del controlador 10 y similares. Además, la señal del controlador 10 para la orden de parada inmediata no llegará a cada uno de los dispositivos 501 y 502 según se describió anteriormente. El tiempo de ejecución para la operación continua se determina en el supuesto de que una orden emitida por el controlador 10 durante el periodo  $TC = T3$  puede ser recibida normalmente por cada uno de los dispositivos 501 y 502 durante el periodo  $TC = T4$ . El tiempo para la operación continua en este supuesto dura desde el inicio de la operación continua hasta que cada uno de los dispositivos 501 y 502 recibe una señal de comando y ejecuta la parada inmediata. Los dispositivos de control de motores 50 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo tienen cada uno un tiempo preestablecido

desde el inicio de la operación continua hasta que el dispositivo de control de motores 50 emite el par de frenado establecido en el controlador de rotación 24 y el motor 30 se detiene como tiempo predeterminado para la operación continua. Este tiempo predeterminado se establece para que sea igual a  $k$  ( $k$  es un número natural) veces el periodo de actualización de órdenes TC como el periodo de referencia para la transmisión de una señal de comando por parte del controlador 10.

Una vez transcurrido el tiempo para la operación continua, cada uno de los dispositivos 501 y 502 ejecuta la parada inmediata según se indica en la FIG. 12A, no de acuerdo con una orden recibida desde el controlador 10 sino de acuerdo con la orden de par de frenado  $T_b$  con el valor de par de frenado  $B$  preestablecido en la memoria de cantidad de par 44 en el controlador de rotación 24. En concreto, en cada uno de los dispositivos 501 y 502, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada  $Em1$  indicando la activación de la parada inmediata, y el controlador de rotación 24 ejecuta la función de parada inmediata. El valor de par de frenado  $B$  para la parada inmediata en la operación de ejemplo 3A tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 300 por un número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los dos ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado  $B$  tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por dos como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado  $B$  corresponde a la mitad del valor de par de frenado máximo. Además, se prefiere que dos cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

La operación de ejemplo 3A tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501, sino que incluye la aplicación de un par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 3A permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 3A, en el sistema de control de motores multiaxial 300 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, cada uno de los dispositivos 501 y 502 que han detectado un fallo emite un par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor correspondiente. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, todos los dispositivos 501 y 502 para el control de los múltiples ejes emiten cada uno un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor correspondiente.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En un caso donde al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, todos los dispositivos de control de motores para el control de los múltiples ejes emiten cada uno un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor correspondiente. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 3B)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 501 y 502 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 3B.

Según indica la FIG. 12B "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 501 y 502 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$ , debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación  $B$  o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 502.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 501 normalmente recibe una orden del controlador 10 y el dispositivo 501 ejecuta la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 502 detecta un fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

Aunque el fallo de comunicación se detecta en este momento, de acuerdo con la operación de ejemplo 3B, el dispositivo 502 cambia posteriormente al control individual para el propio dispositivo y ejecuta la operación continua. La operación continua se ejecuta durante un tiempo que se describirá más adelante.

Posteriormente, durante el periodo  $TC = T3$ , el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30. En este caso, el dispositivo 501 continúa la operación ordinaria mientras que el dispositivo 502 ejecuta la operación continua.

El tiempo para la operación continua está preestablecido en el dispositivo 502. El tiempo para la operación continua se establece teniendo en cuenta el periodo  $TC$  y el periodo  $TN$  requeridos debido a la velocidad de comunicación entre el controlador 10, el dispositivo 501 y el dispositivo 502, la velocidad de procesamiento del controlador 10 y similares. Además, el tiempo de ejecución de la operación continua se determina en el supuesto de que una orden emitida por el controlador 10 durante el periodo  $TC = T3$  puede ser recibida normalmente por cada uno de los dispositivos 501 y 502 durante el periodo  $TC = T4$ . El tiempo para la operación continua en este supuesto dura desde el comienzo de la operación continua hasta que cada uno de los dispositivos 501 y 502 recibe una señal de comando y ejecuta la parada inmediata. Como en la operación de ejemplo 3A, cada uno de los dispositivos de control de motores 50 tiene un tiempo preestablecido desde el inicio de la operación continua hasta que el dispositivo de control de motores 50 emite el par de frenado establecido en el controlador de rotación 24 y el motor 30 se detiene como tiempo predeterminado para la operación continua. Este tiempo predeterminado se establece para que sea igual a  $k$  ( $k$  es un número natural) veces el periodo de actualización de órdenes  $TC$  como el periodo de referencia para la transmisión de una señal de comando por parte del controlador 10.

Una vez transcurrido el tiempo para la operación continua, el dispositivo 501 ejecuta la parada inmediata con el valor de par de frenado  $B$  de acuerdo con la orden recibida del controlador 10. Mientras tanto, el dispositivo 502 ejecuta la parada inmediata no de acuerdo con una orden recibida desde el controlador 10, sino de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo en la operación continua, con el valor de par de frenado preestablecido  $B$ . El valor de par de frenado  $B$  para la parada inmediata en la operación de ejemplo 3B preferiblemente tiene una cantidad obtenida dividiendo el par máximo permitido del sistema de control de motores multiaxial 300 por el número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los dos ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado  $B$  tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por dos como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado  $B$  corresponde a la mitad del valor de par de frenado máximo. Además, se prefiere que dos cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

La operación de ejemplo 3B tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 501 y 502, sino que incluye la aplicación de un par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 3B permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 3B, en el sistema de control de motores multiaxial 300 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo 502 que ha detectado un fallo emite un par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor 30. Transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, el dispositivo 502 emite un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor. En el sistema de control de motores multiaxial 300 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo 501 que no ejecuta la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador 10 para detener el motor correspondiente.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En un caso donde al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, al menos uno de los dispositivos de control de motores que ha ejecutado la operación continua emite el par de frenado preestablecido en el controlador de par para detener el motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores no ejecuta la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Cuarta forma de realización de ejemplo)

La FIG. 13 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo del sistema de control de motores multiaxial 400 para tres ejes de acuerdo con una cuarta forma de realización de ejemplo de la presente invención. Según se representa en la FIG. 13, el sistema de control de motores multiaxial 400 configura un sistema de control de motores triaxial que incluye el controlador 10 y tres dispositivos de control de motores 50 conectados para

formar una forma de anillo. En concreto, de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, un dispositivo de control de motores 50 adicional se conecta en serie entre dos dispositivos de control de motores 50 representados en la FIG. 10. Los dispositivos de control de motores 50 se configuran cada uno como en una configuración interna representada en la FIG. 11. Una parte idéntica o correspondiente a una parte de acuerdo con la tercera forma de realización de ejemplo se indicará mediante un símbolo de referencia idéntico y no se describirá parcialmente.

En la configuración triaxial de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo según se representa en la FIG. 13, el dispositivo de control del motor del segundo eje 502 y el dispositivo de control del motor del tercer eje 503 tienen conexión de red por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación D, y el dispositivo de control del motor del tercer eje 503 y el controlador 10 tienen conexión de red por medio de la línea de comunicación 11 especificada como línea de comunicación C.

El sistema de control de motores multiaxial 400 configurado de esta manera se describirá a continuación en términos de operación y efectos.

La FIG. 14A, la FIG. 14B y la FIG. 14C (a continuación, en la presente memoria, denominadas como FIG. 14A a FIG. 14C cuando proceda) indican cada una la operación cronológica del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 50 en un caso donde el sistema de control de motores multiaxial 400 para tres ejes representado en FIG. 13 tiene fallo de comunicación según se describe en la primera forma de realización de ejemplo. La FIG. 14A indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 501 se interrumpe. La FIG. 14B indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del primer eje 501 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 502 se interrumpe. La FIG. 14C indica la operación de ejemplo de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el dispositivo de control del motor del segundo eje 502 y el dispositivo de control del motor del tercer eje 503 se interrumpe. La operación durante el fallo de comunicación entre el dispositivo de control del motor del tercer eje 503 y el controlador 10 es similar a la operación de ejemplo 2D descrita con referencia a la FIG. 9D en la segunda forma de realización de ejemplo y no se describirá en detalle de forma repetida. Para una mejor comprensión de la operación de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, las FIG. 14A a FIG. 14C indican cada una principalmente la operación del controlador 10 y los dispositivos de control de motores 50 relevantes para la parada de emergencia de los motores 30 después de la detección de un fallo de comunicación. Al igual que en la tercera forma de realización de ejemplo, en lo sucesivo en la presente memoria, los dispositivos de control de motores se especificarán de forma apropiada siendo identificados como dispositivo 501, dispositivo 502 y dispositivo 503, mientras que cada uno de los dispositivos de control de motores se denominará genéricamente dispositivo de control de motores 50.

(Operación de ejemplo 4A)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo de control del motor del primer eje 501 se interrumpe, se describirá inicialmente como operación de ejemplo 4A.

Como la FIG. 14A indica "se produce un fallo", la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$  como en la operación de ejemplo 2A, debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación A o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 501.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 501, 502 y 503 detecta un fallo de comunicación.

Aunque el fallo de comunicación se detecta en este momento, en la operación de ejemplo 4A, los dispositivos 501, 502 y 503 ejecutan posteriormente cada uno una operación con cambio a control individual para el propio dispositivo de acuerdo con la última orden del controlador 10 recibida más recientemente en el estado de comunicación normal (en lo sucesivo en la presente memoria, denominado operación continua). La operación continua se ejecuta durante un tiempo preestablecido en cada dispositivo de control de motores 50 como en la operación de ejemplo 3A para el sistema de control de motores biaxial. El tiempo no se describirá en detalle de forma repetida.

Mientras tanto, el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30 durante el periodo  $TC = T3$ . Sin embargo, la comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501 falla. Una señal de comando del controlador 10 obviamente no logra alcanzar cada uno de los dispositivos 501, 502 y 503. Según se describió anteriormente, los dispositivos 501, 502 y 503 ejecutan cada uno la operación continua de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo en este caso.

Una vez transcurrido el tiempo para la operación continua, cada uno de los dispositivos 501, 502 y 503 ejecuta la parada inmediata según se indica en la FIG. 14A, no de acuerdo con una orden recibida desde el controlador 10 sino de acuerdo con la orden de par de frenado  $Tb$  con el valor de par de frenado  $B'$  preestablecido en la memoria de cantidad de par 44 en el controlador de rotación 24. En concreto, en cada uno de los dispositivos 501, 502 y 503, el controlador de comunicación 14 emite la orden de parada  $Em1$  indicando la activación de la parada inmediata, y el controlador de rotación 24 ejecuta la función de parada inmediata.

El valor de par de frenado B' para la parada inmediata en la operación de ejemplo 4A tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 400 por un número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los tres ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado B' tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por tres como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado B' corresponde a un tercio del valor de par de frenado máximo. Además, se prefiere que las tres cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

La operación de ejemplo 4A tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre el controlador 10 y el dispositivo 501, sino que incluye la aplicación de par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 4A permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 4A, en el sistema de control de motores multiaxial 400 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, cada uno de los dispositivos 501, 502 y 503 que ha detectado un fallo emite un par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor correspondiente. Transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, todos los dispositivos 501, 502 y 503 para el control de los múltiples ejes emiten cada uno un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor correspondiente.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los tres dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En un caso donde al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, todos los dispositivos de control de motores para el control de los múltiples ejes emiten cada uno un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor correspondiente. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 4B)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 501 y 502 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 4B.

Como indica la FIG. 14B "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 501 y 502 se interrumpe durante el periodo TC = T1, debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación B o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 502.

Posteriormente, durante el periodo TN = N en el periodo TC = T2, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 501 normalmente recibe una orden del controlador 10 y el dispositivo 501 ejecuta la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 502 y 503 detecta un fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

Aunque el fallo de comunicación se detecta en este momento, de acuerdo con la operación de ejemplo 4B, cada uno de los dispositivos 502 y 503 cambia posteriormente a control individual para su propio dispositivo y ejecuta la operación continua. La operación continua se ejecuta durante un tiempo similar al tiempo de acuerdo con la operación de ejemplo 3B para el sistema de control de motores biaxial y no se describirá en detalle de forma repetida.

Mientras tanto, el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30 durante el periodo TC = T3. En este caso, el dispositivo 501 continúa la operación ordinaria mientras que los dispositivos 502 y 503 ejecutan la operación continua.

Una vez transcurrido el tiempo para la operación continua, el dispositivo 501 ejecuta la parada inmediata con el valor de par de frenado B' de acuerdo con la orden recibida del controlador 10. Mientras tanto, los dispositivos 502 y 503 ejecutan cada uno la parada inmediata no de acuerdo con una orden recibida del controlador 10, sino de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo en la operación continua, con el valor de par de frenado preestablecido B'. El valor de par de frenado B' para la parada inmediata en la operación de ejemplo 4B tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 400 por el número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los tres ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado B' tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por tres como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado B' corresponde a un tercio del

valor de par de frenado máximo. Además, se prefiere que las tres cantidades de par coincidan entre sí para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

La operación de ejemplo 4B tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación a cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 501 y 502, sino que incluye la aplicación de un par de frenado de tal manera que el par de frenado máximo se distribuya a los ejes respectivos mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 4B permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 4B, en el sistema de control de motores multiaxial 400 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, cada uno de los dispositivos 502 y 503 que ha detectado un fallo emite un par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor 30. Transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, cada uno de los dispositivos 502 y 503 emite un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor correspondiente. En el sistema de control de motores multiaxial 400 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo 501 que no ejecuta la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente desde el controlador 10 para detener el motor.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En un caso donde al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, al menos uno de los dispositivos de control de motores que ha ejecutado la operación continua emite el par de frenado preestablecido en el controlador de par para detener el motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores no ejecuta la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Operación de ejemplo 4C)

La operación de cada unidad en un caso donde la comunicación entre los dispositivos 502 y 503 se interrumpe, se describirá a continuación como operación de ejemplo 4C.

Según indica la FIG. 14C "se produce un fallo", la comunicación entre los dispositivos 502 y 503 se interrumpe durante el periodo  $TC = T1$ , debido a la rotura o algo similar de la línea de comunicación D o a un fallo en la función de comunicación o algo similar del propio dispositivo 503.

Posteriormente, durante el periodo  $TN = N$  en el periodo  $TC = T2$ , el controlador de comunicación 14 en cada uno de los dispositivos 501 y 502 recibe normalmente una orden del controlador 10, y los dispositivos 501 y 502 ejecutan la operación ordinaria. Mientras tanto, el controlador de comunicación 14 en el dispositivo 503 detecta el fallo de comunicación en respuesta al hecho de que "se produce un fallo".

Aunque el fallo de comunicación se detecta en este momento, de acuerdo con la operación de ejemplo 4C, el dispositivo 503 cambia posteriormente a control individual para el propio dispositivo y ejecuta la operación continua. La operación continua se ejecuta durante un tiempo similar al tiempo de acuerdo con la operación de ejemplo 3B para el sistema de control de motores biaxial y no se describirá en detalle de forma repetida.

Mientras tanto, el controlador 10 detecta un fallo de comunicación y emite una orden de parada inmediata para cada motor 30 durante el periodo  $TC = T3$ . En este caso, los dispositivos 501 y 502 continúan cada uno la operación ordinaria mientras que el dispositivo 503 ejecuta la operación continua.

Una vez transcurrido el tiempo para la operación continua, los dispositivos 501 y 502 ejecutan cada uno la parada inmediata con el valor de par de frenado  $B'$  de acuerdo con la orden recibida del controlador 10. Mientras tanto, el dispositivo 503 ejecuta la parada inmediata no de acuerdo con una orden recibida del controlador 10, sino de acuerdo con el control individual para el propio dispositivo en la operación continua, con el valor de par de frenado preestablecido  $B'$ . El valor de par de frenado  $B'$  para la parada inmediata en la operación de ejemplo 4C tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial 400 por el número de ejes que se deben detener inmediatamente. Los tres ejes se detienen inmediatamente en la presente operación de ejemplo, de modo que el valor de par de frenado  $B'$  tiene preferiblemente una cantidad obtenida dividiendo el par máximo por tres como el número de ejes. En otras palabras, el valor de par de frenado  $B'$  corresponde a un tercio del valor de par de frenado máximo. Además, se prefiere que las tres cantidades de par coincidan entre sí

para que sean una cantidad idéntica, con el fin de minimizar las distancias de parada de los múltiples ejes de accionamiento. Por razones de seguridad y similares, el par de frenado se puede ajustar para cada uno de los dispositivos de control de motores de tal manera que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores sea igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del presente sistema de control de motores multiaxial.

La operación de ejemplo 4C tampoco adopta la técnica convencional de desconectar inmediatamente la electrificación de cada motor 30 para la parada sin accionamiento cuando se produce un fallo de comunicación entre los dispositivos 502 y 503, sino que incluye la aplicación de un par de frenado mientras cada motor 30 sigue estando electrificado. La ejecución de la operación de gestión de fallos de acuerdo con la operación de ejemplo 4C permite que los motores 30 de los múltiples ejes se detengan de forma rápida y segura.

Según se describió anteriormente con referencia a la operación de ejemplo 4C, en el sistema de control de motores multiaxial 400 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, el dispositivo 503 que ha detectado un fallo emite un par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor 30. Transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua del motor, el dispositivo 503 emite un par de frenado preestablecido en el controlador de rotación para detener el motor. En el sistema de control de motores multiaxial 400 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, cada uno de los dispositivos 501 y 502 que no ejecutan la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador 10 para detener el motor correspondiente.

La presente forma de realización de ejemplo ejemplifica el caso donde se proporcionan los dos dispositivos de control de motores. En un caso donde se proporcionen dispositivos de control de motores para los múltiples ejes, se podrá aplicar la siguiente configuración. En un caso donde al menos un dispositivo de control de motores detecta un fallo en la recepción de una señal de comando, el al menos un dispositivo de control de motores que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, al menos uno de los dispositivos de control de motores que ha ejecutado la operación continua emite el par de frenado preestablecido en el controlador de par para detener el motor. Cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores no ejecuta la operación continua emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador para detener el motor. Una configuración de este tipo logra efectos similares.

(Quinta forma de realización de ejemplo adecuada para comprender la invención)

La FIG. 15 es un diagrama de bloques que representa una configuración de red en anillo del sistema de control de motores multiaxial 500 para dos ejes de acuerdo con una quinta forma de realización de ejemplo de la presente invención. El sistema de control de motores multiaxial 500 representado en la FIG. 15 tiene conexión en anillo e incluye motores para dos ejes para controlar de forma síncrona por dispositivos de control de motores 20, y tres dispositivos de control de motores asíncronos 70. En concreto, los tres dispositivos de control de motores asíncronos 70 se configuran para ejecutar el control sin sincronizar con los ejes primero y segundo y se conectan en serie para que cada uno se interponga entre controlador 10, el dispositivo de control del motor del primer eje 201 y el dispositivo de control del motor del segundo eje 202 representados en FIG. 1.

Los dispositivos de control de motores asíncronos 70 son similares a los dispositivos de control de motores 20 pero no se configuran para ejecutar control síncrono del accionamiento o parada en la presente invención.

Una parte idéntica o correspondiente a una parte de acuerdo con la primera forma de realización de ejemplo se indicará mediante un símbolo de referencia idéntico y no se describirá parcialmente.

El controlador 10, el dispositivo de control de motores 70, el dispositivo de control de motores 201, el dispositivo de control de motores 70, el dispositivo de control de motores 202, el dispositivo de control de motores 70 y el controlador 10 tienen conexión de red en el orden mencionado por medio de líneas de comunicación 11 especificadas como línea de comunicación E, línea de comunicación F, línea de comunicación G, línea de comunicación H, línea de comunicación I y línea de comunicación J, respectivamente.

El sistema de control de motores multiaxial 500 configurado de esta manera tiene inicialmente fallo de comunicación en la línea de comunicación E, la línea de comunicación F, o el dispositivo de control de motores 70 dispuesto entre la línea de comunicación E y la línea de comunicación F. En un caso de este tipo, los dispositivos de control de motores 201 y 202 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, configurados para ejecutar el control síncrono, ejecutan la operación de parada de emergencia como en el caso de detección de fallo de comunicación generado en la línea de comunicación A en la primera forma de realización de ejemplo.

El fallo de comunicación se produce en la línea de comunicación G, en la línea de comunicación H, o en el dispositivo de control de motores 70 dispuesto entre la línea de comunicación G y la línea de comunicación H. En un caso de este tipo, los dispositivos de control de motores 201 y 202 de acuerdo con la presente forma de realización de ejemplo, configurados para ejecutar el control síncrono, ejecutan la operación de parada de emergencia como en el caso de

detección de fallo de comunicación generado en la línea de comunicación B en la primera forma de realización de ejemplo.

Además, el fallo de comunicación se produce en la línea de comunicación I, en la línea de comunicación J, o en el dispositivo de control de motores 70 dispuesto entre la línea de comunicación I y la línea de comunicación J. En un caso de este tipo, los dispositivos de control de motores 201 y 202 configurados para ejecutar el control síncrono, ejecutan la operación de parada de emergencia como en el caso de detección de fallo de comunicación generado en la línea de comunicación C en la primera forma de realización de ejemplo.

Se eliminan uno o dos de los dispositivos de control de motores asíncronos 70, o se proporciona además un dispositivo de control de motores asíncronos además de los dispositivos de control de motores asíncronos 70. Además, en un caso de este tipo, los dispositivos de control de motores 201 y 202 configurados para ejecutar el control síncrono obviamente pueden ejecutar la operación de parada de emergencia como en la primera forma de realización de ejemplo adoptando de forma apropiada lo descrito anteriormente.

Un sistema de control de motores multiaxial para tres o más ejes correspondientes a motores y controlados de forma síncrona también incluye un dispositivo de control de motores configurado para no ejecutar el control síncrono. Además, en un caso de este tipo, la operación de parada de emergencia se puede ejecutar obviamente como en la segunda forma de realización de ejemplo o la cuarta forma de realización de ejemplo adoptando de forma apropiada lo descrito anteriormente.

Además, en un caso de una configuración (no representada) obtenida aplicando la diferencia entre el sistema de control de motores multiaxial con conexión en anillo representado en la FIG. 1 y el sistema de control de motores multiaxial con conexión en anillo representado en la FIG. 15 al sistema de control de motores multiaxial con conexión en línea representado en la FIG. 2, la operación de parada de emergencia se puede ejecutar como en la primera forma de realización de ejemplo.

#### Aplicabilidad industrial

Según se describió anteriormente, el sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la presente invención se configura para controlar los dispositivos de control de motores para los múltiples ejes que tienen conexión de red con el controlador. Cuando los dispositivos de control de motores se controlan en una configuración de este tipo, se puede producir un fallo de comunicación debido a la rotura o algo similar de una línea de comunicación o al mal funcionamiento de cualquier dispositivo de la red y cada uno de los dispositivos de control de motores puede dejar de recibir una señal de comando del controlador. La presente invención permite que los motores para los múltiples ejes se detengan de forma segura y rápida mediante la aplicación de par de frenado incluso durante dicho fallo de comunicación, mientras al menos uno de los motores siga estando electrificado.

#### Símbolos de referencia en los dibujos

|                                          |                                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 10                                       | controlador                                     |
| 11                                       | línea de comunicación                           |
| 12                                       | transmisor                                      |
| 13                                       | receptor                                        |
| 35 14                                    | controlador de comunicación                     |
| 17                                       | dispositivo emisor-receptor                     |
| 20, 50, 70, 201, 202, 203, 501, 502, 503 | dispositivo de control de motores (dispositivo) |
| 24                                       | controlador de rotación                         |
| 25, 55                                   | unidad de accionamiento                         |
| 40 26                                    | circuito DB (circuito de frenado dinámico)      |
| 30                                       | motor                                           |
| 31                                       | bobina                                          |
| 32                                       | detector de posición                            |
| 35                                       | mecanismo objetivo de control                   |
| 45 36                                    | carga                                           |

## ES 2 940 613 T3

|    |                              |                                          |
|----|------------------------------|------------------------------------------|
|    | 41                           | controlador de posición                  |
|    | 43                           | controlador de velocidad                 |
|    | 44                           | memoria de cantidad de par               |
|    | 46                           | procesador de par                        |
| 5  | 51                           | generador de salida de accionamiento     |
|    | 53                           | interruptor de tensión de accionamiento  |
|    | 61                           | interruptor del DB                       |
|    | 63                           | resistencia del DB                       |
|    | 100, 110, 200, 300, 400, 500 | sistema de control de motores multiaxial |
| 10 | 351                          | enlace                                   |

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de motores multiaxial (100, 110, 200, 300, 400, 500) configurado para controlar motores (30) para múltiples ejes incluidos en una máquina multiaxial, comprendiendo el sistema de control de motores multiaxial:  
varios dispositivos de control de motores (201, 202, 203) configurados cada uno para accionar uno de los motores (30) correspondientes; y  
un controlador (10) con conexión de red (11) con los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) y configurado para transmitir una señal de comando para el control de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203), en donde  
los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) incluyen cada uno  
un controlador de comunicación (14) configurado para recibir la señal de comando, transmitir la señal de comando recibida y determinar si la señal de comando se recibe normalmente o no,  
un controlador de rotación (24) configurado para generar una orden de par para la operación del motor correspondiente (30), y  
una unidad de accionamiento (25, 55) configurada para generar una tensión de accionamiento para la electrificación para accionar el motor correspondiente (30) de acuerdo con la orden de par, en donde  
cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) detecta un fallo en la recepción de la señal de comando, el al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) emite la orden de par como par de frenado para detener el motor correspondiente (30),  
caracterizado por que  
el controlador (10) se configura para transmitir una señal de comando para el control de cada uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) en un período como N veces de un período de referencia para el control del motor (30) y la comunicación por cada uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203), donde N es un número natural, y en donde  
los múltiples ejes están unidos mecánicamente (351), en donde la unión es una estructura de pórtico, y en donde  
al detectar el fallo, al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) desconecta la electrificación del motor correspondiente (30), y  
al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) que no desconecta la electrificación del motor (30) emite la orden de par para el par de frenado preestablecido en el controlador de rotación (34) para detener el motor (30), y/o emite el par de frenado de acuerdo con una señal de comando recibida normalmente del controlador (10) para detener el motor (30), y  
el par de frenado ajustado en el controlador de rotación (24) tiene una cantidad que satisface la condición de que una suma del par de frenado emitido desde el al menos un dispositivo de control de motores (201, 202, 203) que no desconecta la electrificación del motor correspondiente (30) es igual o inferior que el par de frenado máximo permitido del sistema de control de motores multiaxial.
2. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) incluye además un circuito de frenado dinámico que se activa cuando se desconecta la electrificación del motor correspondiente (30) para detener el motor (30).
3. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la reivindicación 1, en donde  
cuando al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) detecta un fallo en la recepción de la señal de comando,  
el al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) que ha detectado el fallo emite el par de accionamiento basándose en una señal de comando recibida normalmente antes de la detección del fallo para ejecutar la operación continua del motor (30), y  
transcurrido el tiempo predeterminado desde el inicio de la operación continua, el al menos un dispositivo de control de motores (201, 202, 203) que ha ejecutado la operación continua emite el par de frenado preestablecido en el controlador de rotación (24) para detener el motor (30), y  
al menos uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) que no ejecuta la operación continua emite el par de frenado basándose en una señal de comando recibida normalmente del controlador (10) para detener el motor (30).

4. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el par de frenado ajustado en el controlador de rotación (24) tiene una cantidad que satisface la condición de que una suma del par de frenado emitido por todos los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) para el control de los múltiples ejes es igual o inferior que el par de frenado máximo admisible del sistema de control de motores multiaxial.
- 5 5. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el tiempo predeterminado se preestablece en cada uno de los dispositivos de control de motores (201, 202, 203) como tiempo desde el inicio de la operación continua hasta que se emite el par de frenado establecido en el controlador de rotación (24) y se detiene el motor correspondiente (30).
- 10 6. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el tiempo predeterminado se establece para que sea igual a k veces un período de referencia para la transmisión de la señal de comando por parte del controlador (10), donde k es un número natural.
7. El sistema de control de motores multiaxial de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde los varios dispositivos de control de motores (201, 202, 203) detienen los múltiples ejes, en esencia, en el mismo momento.

15

FIG. 1

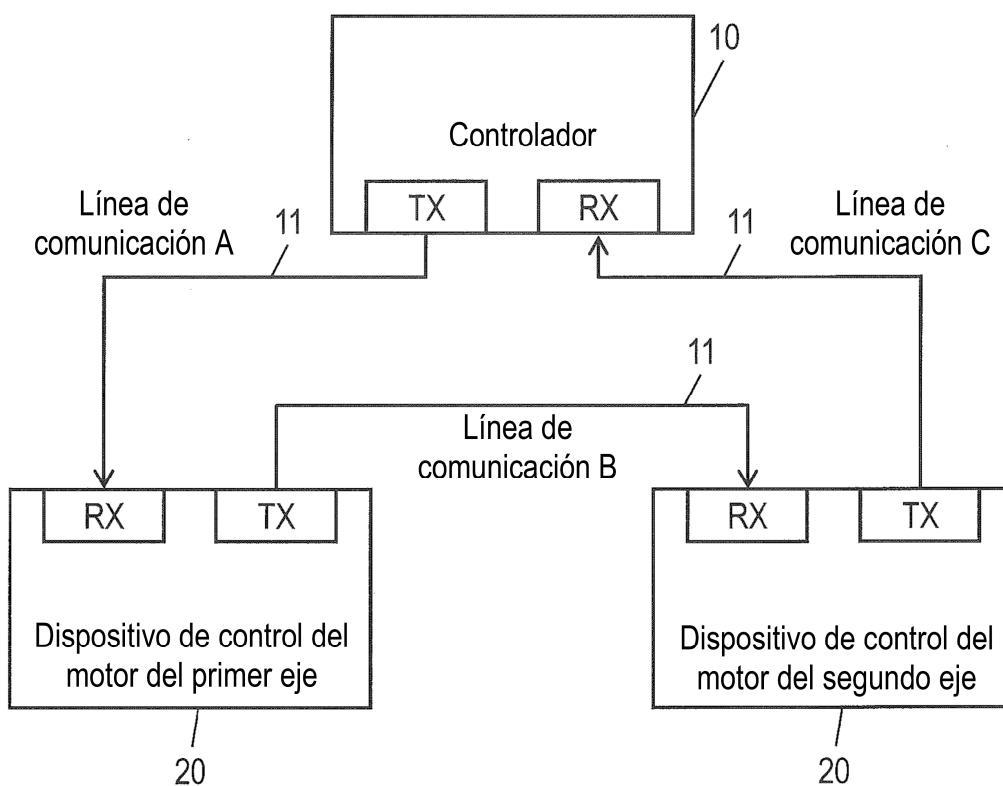


FIG. 2

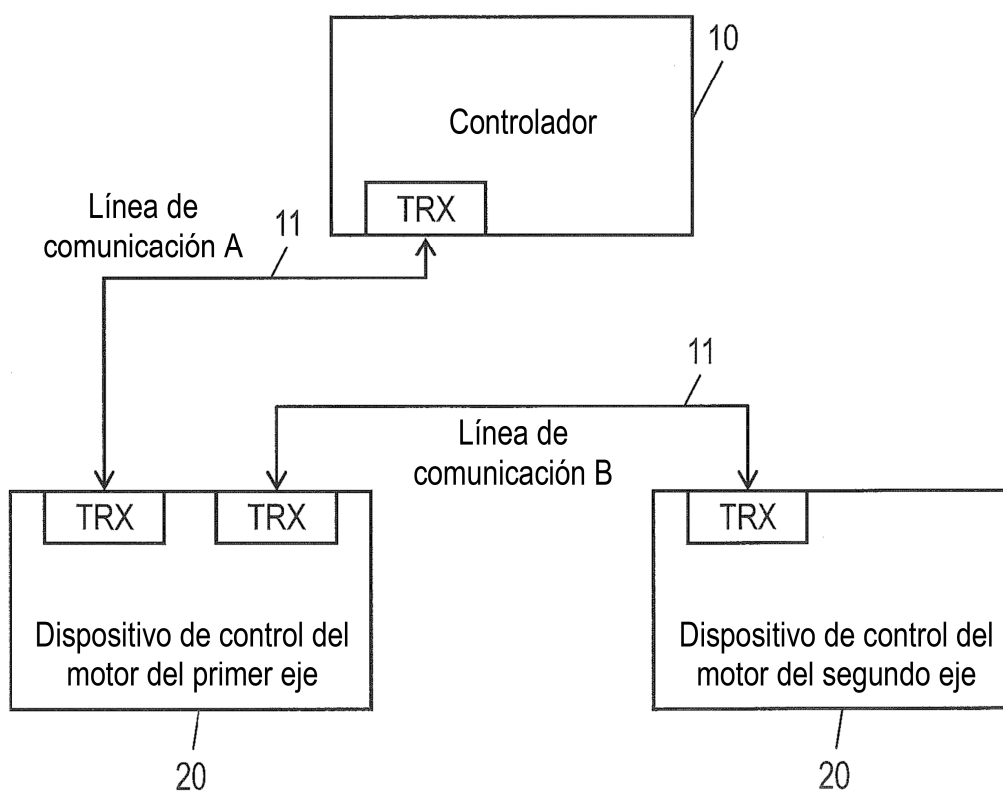


FIG. 3

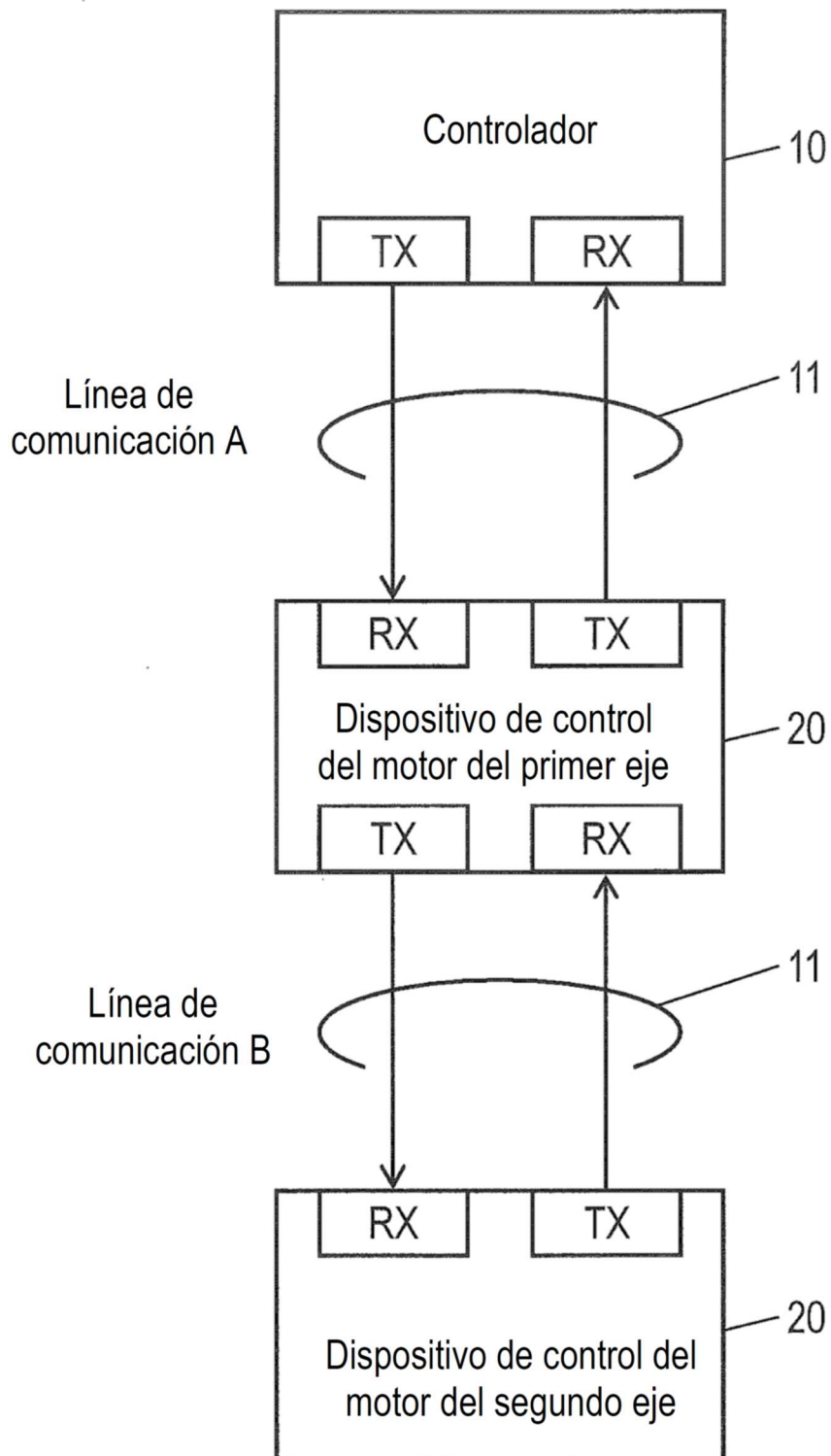


FIG. 4

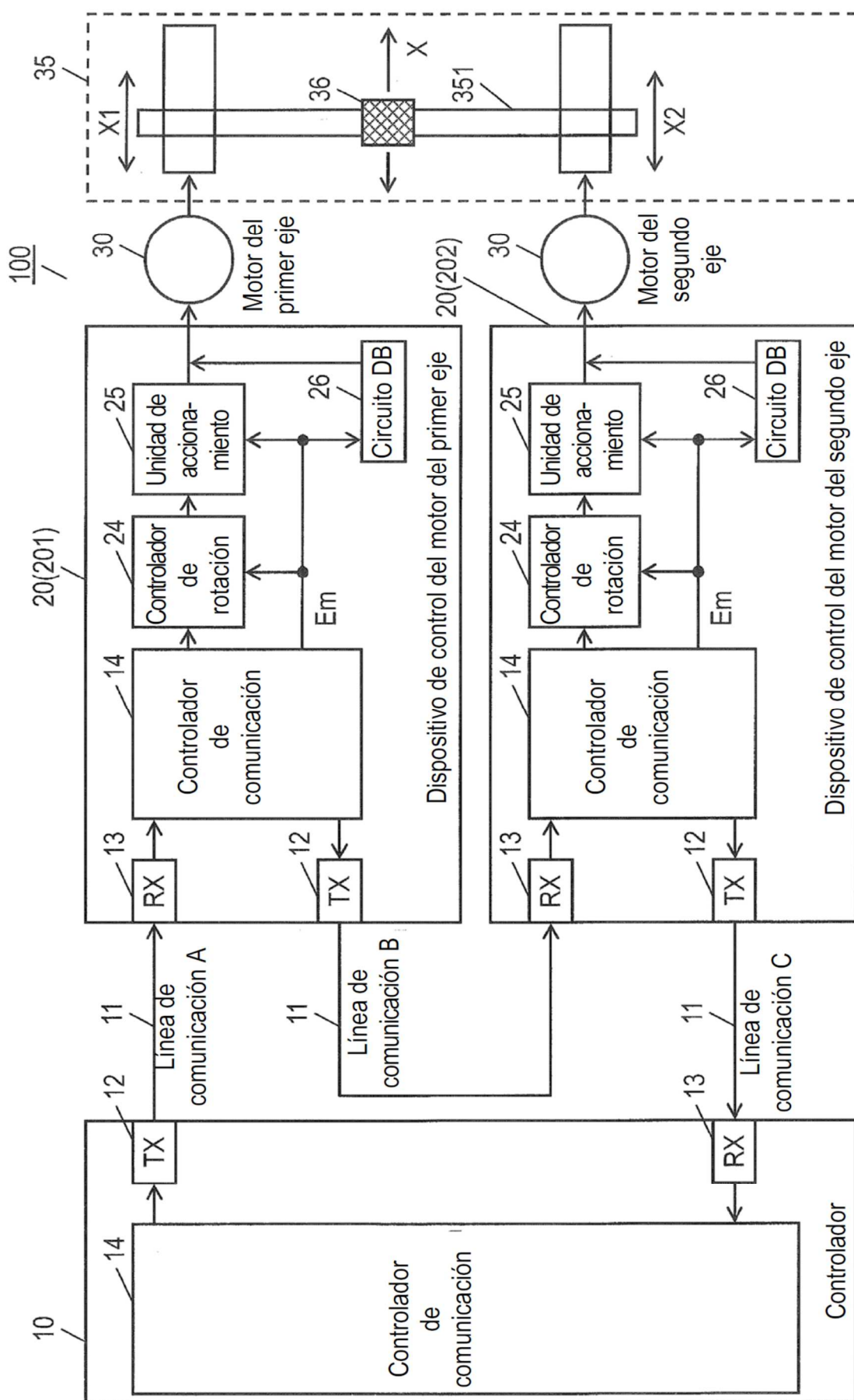


FIG. 5

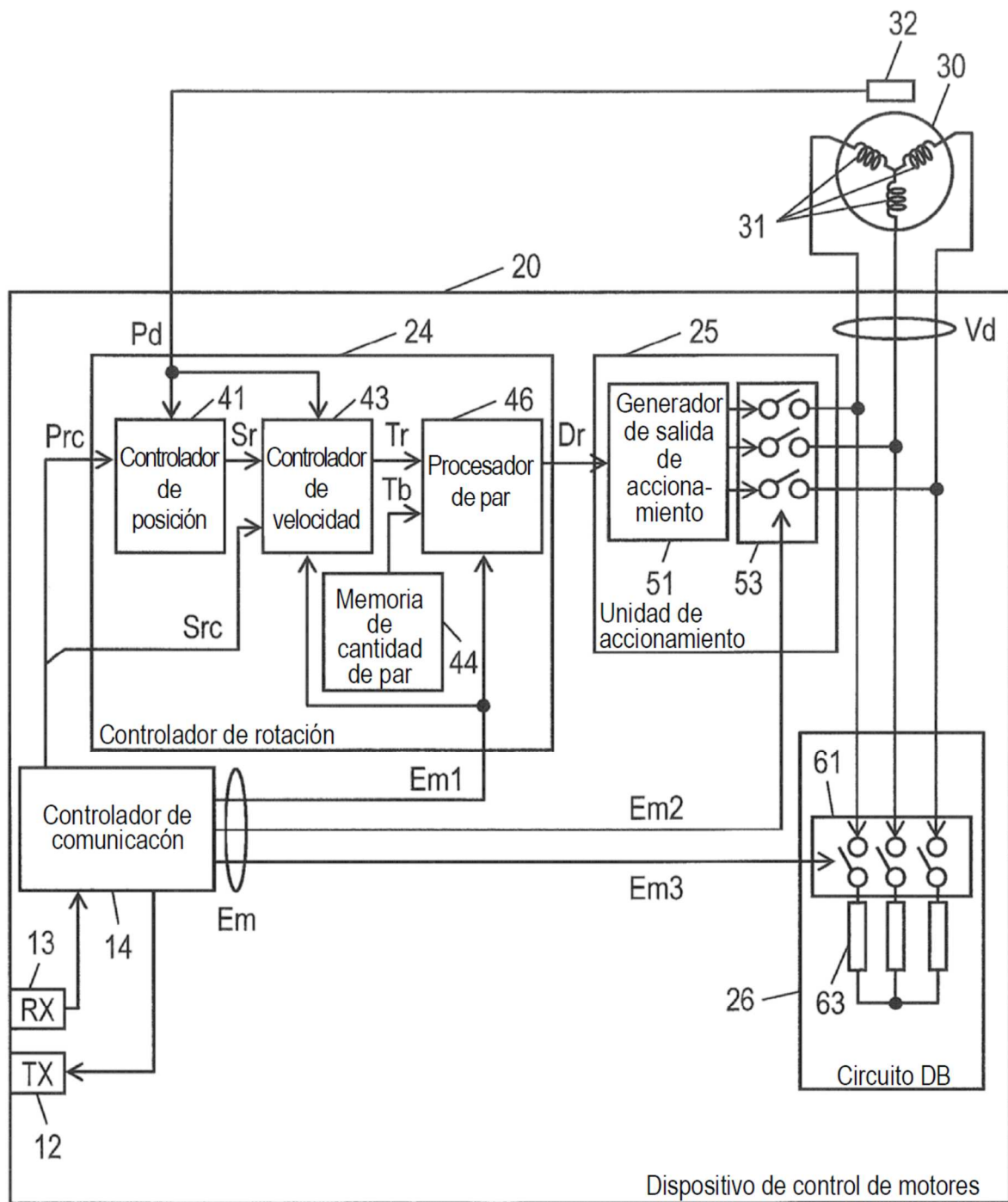


FIG. 6A

| Periodo TC      | T1       | T2                           |                     | T3                                    |                         | T4                                     |         |
|-----------------|----------|------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|---------|
| Periodo TN      | ...N,... | ...N-1                       | N                   | N+1,...                               | ...                     | N                                      | N+1,... |
| Controlador 10  |          | -----<br>Se produce un fallo |                     | -----<br>→                            | (Detección del fallo)   | (Emisión de orden de parada inmediata) |         |
| Dispositivo 201 |          |                              | Detección del fallo | Valor de parada A de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |                                        |         |
| Dispositivo 202 |          |                              | Detección del fallo | Parada sin accionamiento              | Detenido en lo sucesivo |                                        |         |

FIG. 6B

| Periodo TC      | T1                  |  |  | T2                  |  |  | T3                       |  |  | T4                                   |  |  |
|-----------------|---------------------|--|--|---------------------|--|--|--------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|
| Periodo TN      | ...N, ...           |  |  | ...N-1, ...         |  |  | ...N-1, ...              |  |  | ...N-1, ...                          |  |  |
| Controlador 10  |                     |  |  | N                   |  |  | N                        |  |  | N                                    |  |  |
|                 |                     |  |  |                     |  |  | Detección del fallo      |  |  | Emisión de orden de parada inmediata |  |  |
| Dispositivo 201 | Se produce un fallo |  |  |                     |  |  |                          |  |  | Valor de par A de parada inmediata   |  |  |
| Dispositivo 202 |                     |  |  | Detección del fallo |  |  | Parada sin accionamiento |  |  | Detenido en lo sucesivo              |  |  |

FIG. 6C

| Periodo TC      | T1                  | T2            |   |                     | T3                                   |   |                         | T4            |   |          |
|-----------------|---------------------|---------------|---|---------------------|--------------------------------------|---|-------------------------|---------------|---|----------|
| Periodo TN      | ..., N, ...         | ..., N-1, ... | N | N+1, ...            | ..., N-1, ...                        | N | N+1, ...                | ..., N-1, ... | N | N+1, ... |
| Controlador 10  | Se produce un fallo | ↑             |   | Detección del fallo | Emisión de orden de parada inmediata |   |                         |               |   |          |
| Dispositivo 201 |                     |               |   |                     | Valor de par B de parada inmediata   |   | Detenido en lo sucesivo |               |   |          |
| Dispositivo 202 | Se produce un fallo |               |   |                     | Valor de par B de parada inmediata   |   | Detenido en lo sucesivo |               |   |          |

FIG. 7

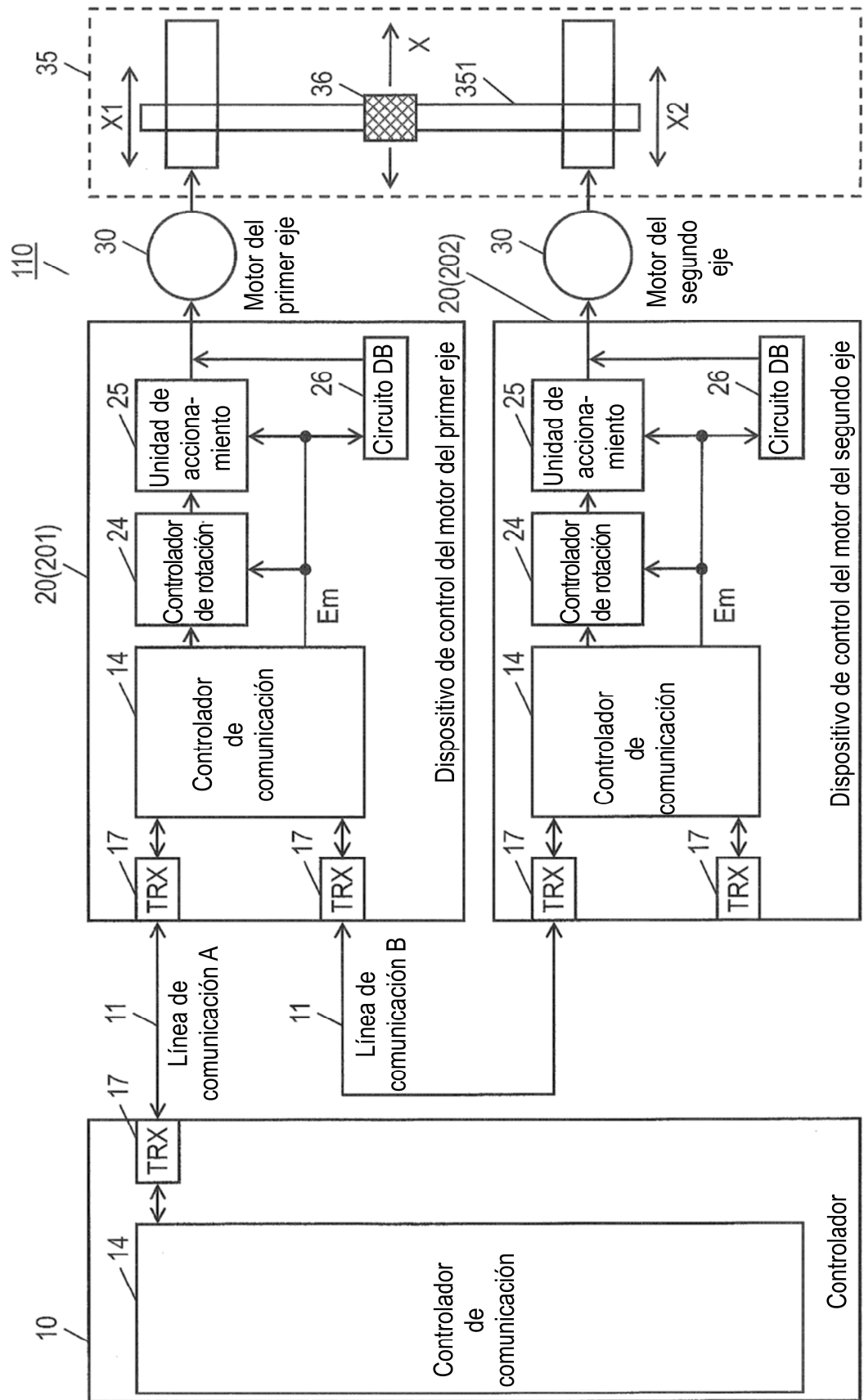


FIG. 8

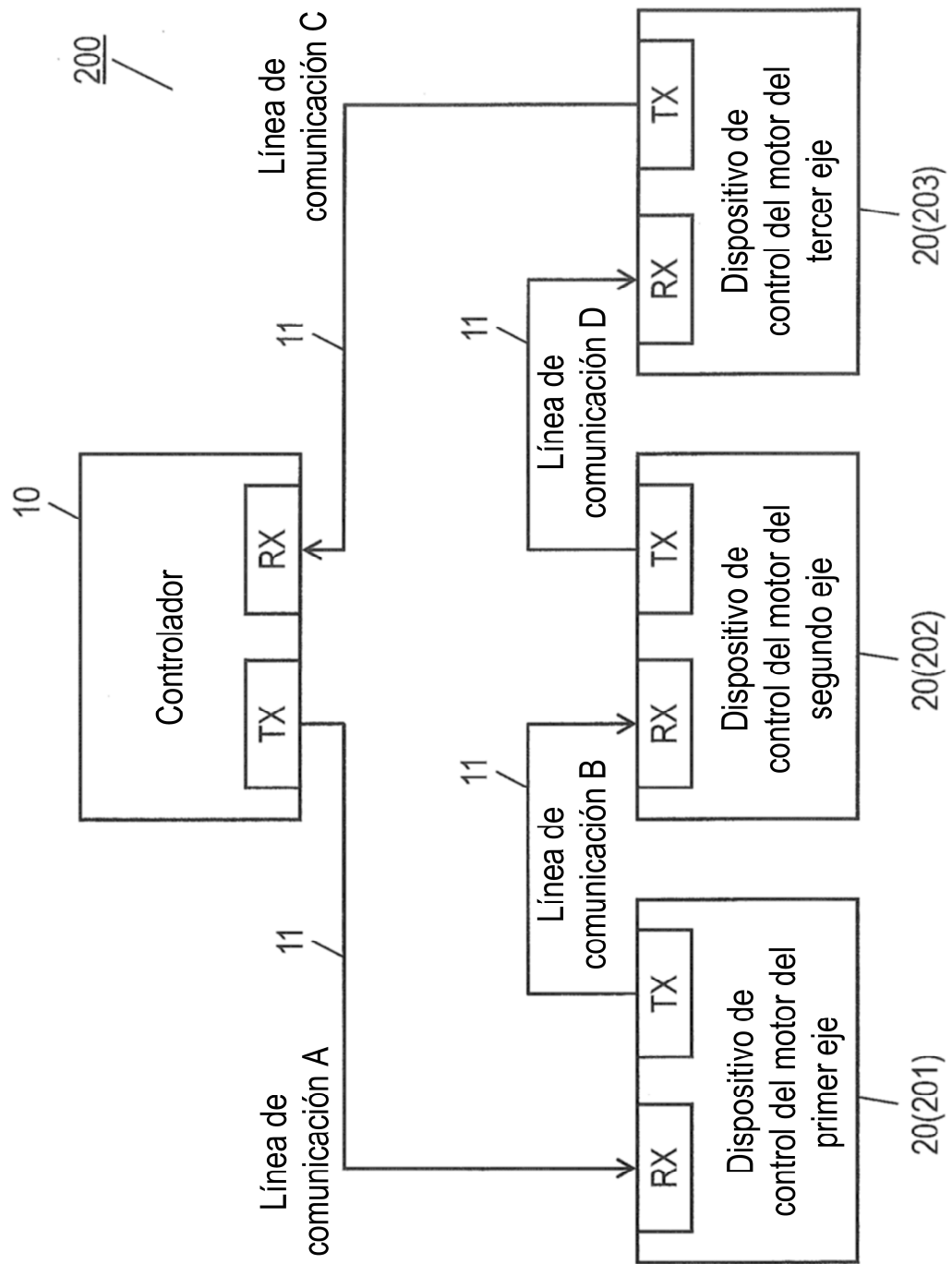


FIG. 9A

| Periodo TC      | T1                  | T2       |                     |                            | T3                      |                       |                                        | T4       |   |          |
|-----------------|---------------------|----------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------|---|----------|
| Periodo TN      | ...N, ...           | ..., N-1 | N                   | N+1, ...                   | ..., N-1                | N                     | N+1, ...                               | ..., N-1 | N | N+1, ... |
| Controlador 10  |                     | -----    |                     |                            | →                       | (Detección del fallo) | (Emisión de orden de parada inmediata) |          |   |          |
| Dispositivo 201 | Se produce un fallo |          | Detección del fallo | Par A' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |                       |                                        |          |   |          |
| Dispositivo 202 |                     |          | Detección del fallo | Parada sin accionamiento   | Detenido en lo sucesivo |                       |                                        |          |   |          |
| Dispositivo 203 |                     |          | Detección del fallo | Parada sin accionamiento   | Detenido en lo sucesivo |                       |                                        |          |   |          |

FIG. 9B

| Periodo TC      | T2                  |                     |                          | T3                       |                                      |     | T4 |                            |                         |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----|----|----------------------------|-------------------------|
| Periodo TN      | ...N, ...           | ...N-1              | N                        | N+1, ...                 | ...                                  | N-1 | N  | N+1, ...                   |                         |
| Controlador 10  |                     |                     |                          | Detección del fallo      | Emisión de orden de parada inmediata |     |    |                            |                         |
| Dispositivo 201 | Se produce un fallo |                     |                          |                          |                                      |     |    | Par A' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 202 |                     | Detección del fallo | Parada sin accionamiento |                          |                                      |     |    |                            | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 203 |                     |                     | Detección del fallo      | Parada sin accionamiento |                                      |     |    |                            | Detenido en lo sucesivo |

GG  
F|G'

| Periodo TC      | T2                  |        |                     | T3                       |        |                     | T4                                   |        |   |          |
|-----------------|---------------------|--------|---------------------|--------------------------|--------|---------------------|--------------------------------------|--------|---|----------|
| Periodo TN      | ...N, ...           | ...N-1 | N                   | N+1, ...                 | ...N-1 | N                   | N+1, ...                             | ...N-1 | N | N+1, ... |
| Controlador 10  |                     |        |                     |                          |        | Detección del fallo | Emisión de orden de parada inmediata |        |   |          |
| Dispositivo 201 |                     |        |                     |                          |        |                     |                                      |        |   |          |
| Dispositivo 202 | Se produce un fallo |        |                     |                          |        |                     |                                      |        |   |          |
| Dispositivo 203 |                     |        | Detección del fallo | Parada sin accionamiento |        |                     |                                      |        |   |          |

FIG. 9D

| Periodo TC      | T1                  | T2      |                     |                                      | T3      |                            |                         | T4      |   |         |
|-----------------|---------------------|---------|---------------------|--------------------------------------|---------|----------------------------|-------------------------|---------|---|---------|
| Periodo TN      | ...N,...            | ...,N-1 | N                   | N+1,...                              | ...,N-1 | N                          | N+1,...                 | ...,N-1 | N | N+1,... |
| Controlador 10  | Se produce un fallo | →       | Detección del fallo | Emisión de orden de parada inmediata |         |                            |                         |         |   |         |
| Dispositivo 201 |                     |         |                     |                                      |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |         |   |         |
| Dispositivo 202 |                     |         |                     |                                      |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |         |   |         |
| Dispositivo 203 | Se produce un fallo |         |                     |                                      |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |         |   |         |



FIG. 10

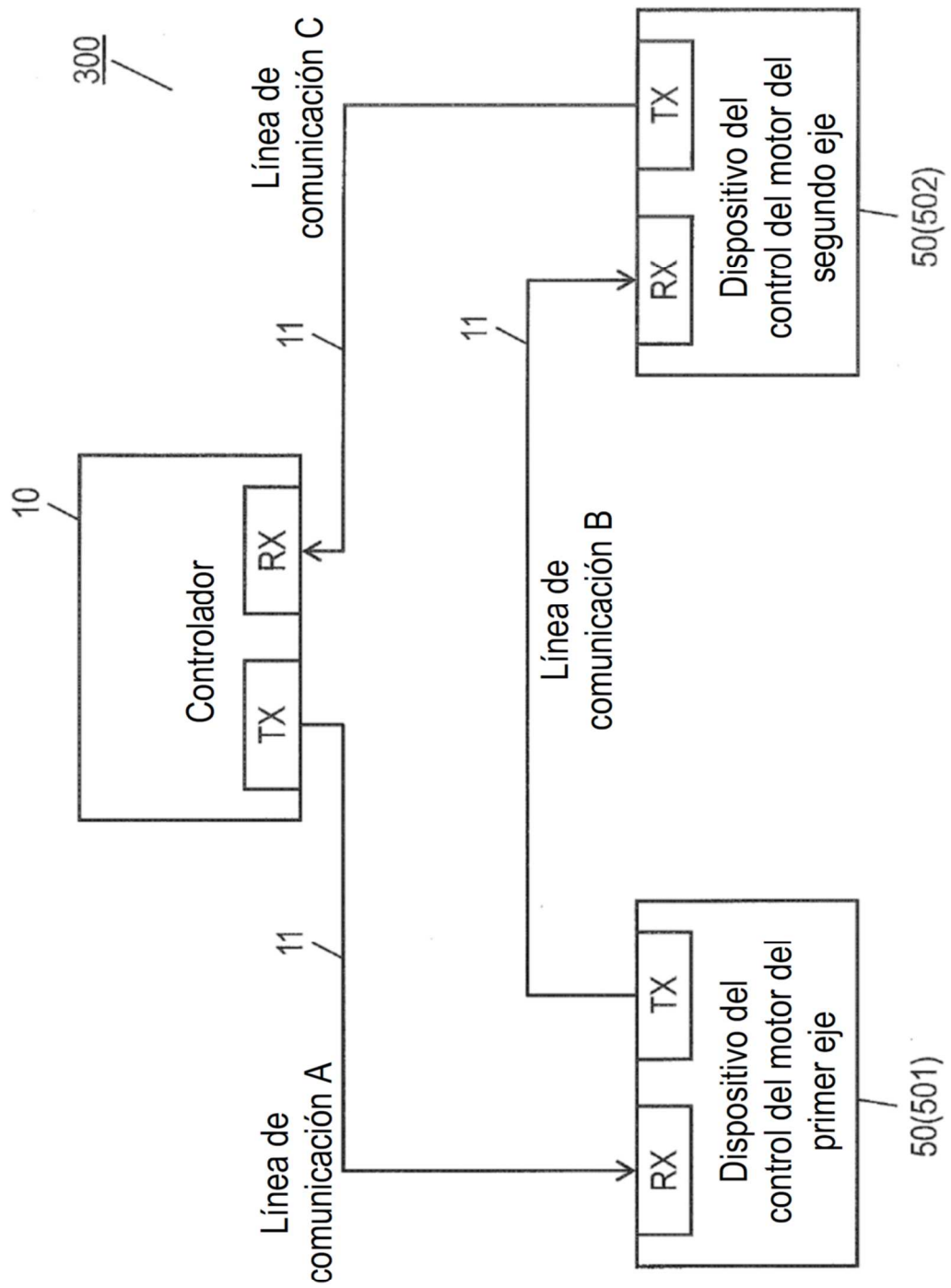


FIG. 11

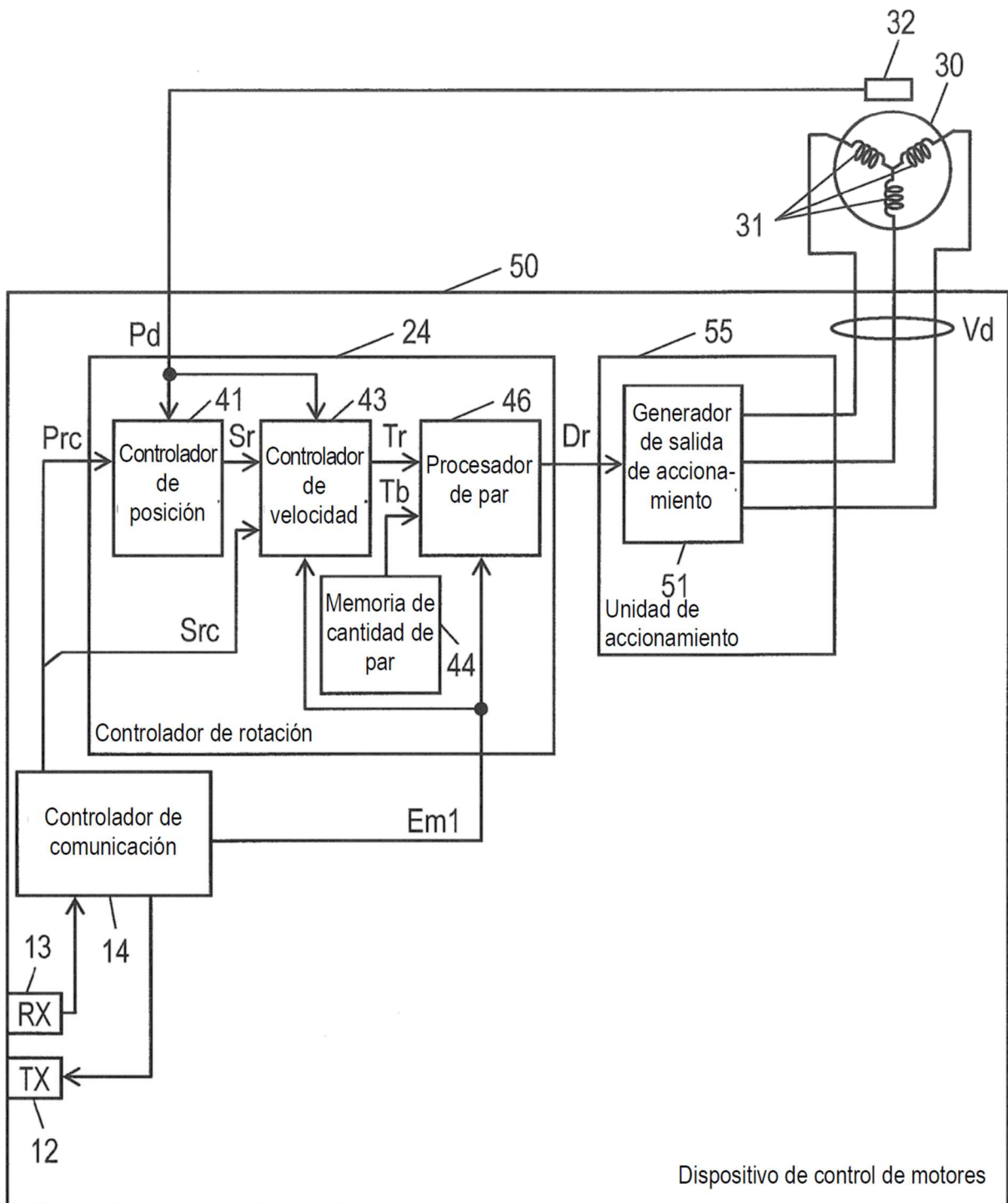


FIG. 12A

| Periodo TC      | T1                  |  |  | T2     |  |                     | T3                    |        |                                        | T4  |                                    |                         |
|-----------------|---------------------|--|--|--------|--|---------------------|-----------------------|--------|----------------------------------------|-----|------------------------------------|-------------------------|
| Periodo TN      | ...N, ...           |  |  | ...N-1 |  | N                   | N+1, ...              |        | ...                                    | N-1 | N                                  | N+1, ...                |
| Controlador 10  | Se produce un fallo |  |  | -----> |  |                     | (Detección del fallo) |        | (Emisión de orden de parada inmediata) |     |                                    |                         |
|                 |                     |  |  |        |  |                     |                       |        |                                        |     |                                    |                         |
|                 |                     |  |  |        |  |                     |                       |        |                                        |     |                                    |                         |
| Dispositivo 501 |                     |  |  | -----> |  | Detección del fallo | Operación continua    | -----> |                                        |     | Valor de par B de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 502 |                     |  |  | -----> |  | Detección del fallo | Operación continua    | -----> |                                        |     | Valor de par B de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |

FIG. 12B

| Periodo TC      | T1                  | T2       |                     |                    | T3                  |   |          | T4                                   |                                    |                         |
|-----------------|---------------------|----------|---------------------|--------------------|---------------------|---|----------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Periodo TN      | ...N, ...           | ..., N-1 | N                   | N+1, ...           | ..., N-1            | N | N+1, ... | ..., N-1                             | N                                  | N+1, ...                |
| Controlador 10  |                     |          |                     |                    | Detección del fallo |   |          | Emisión de orden de parada inmediata |                                    |                         |
| Dispositivo 501 | Se produce un fallo |          |                     |                    |                     |   |          |                                      |                                    |                         |
| Dispositivo 502 |                     |          |                     |                    |                     |   |          |                                      |                                    |                         |
|                 |                     |          | Detección del fallo | Operación continua |                     |   |          | Valor de par B de parada inmediata   | Valor de par B de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |

FIG. 13

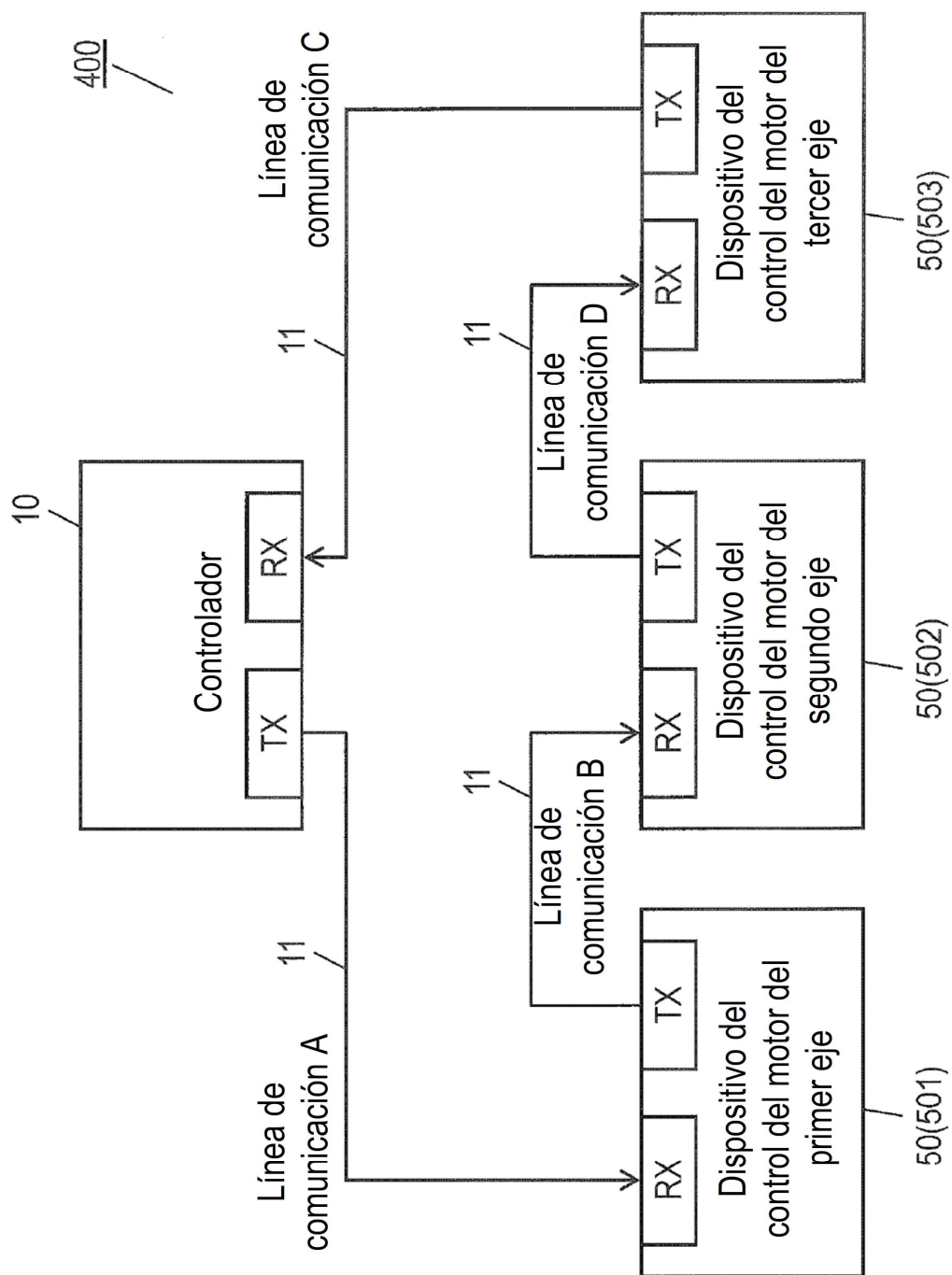


FIG. 14A

| Periodo TC      | T1                  | T2     |                     |                    | T3     |                       |                                        | T4     |   |         |
|-----------------|---------------------|--------|---------------------|--------------------|--------|-----------------------|----------------------------------------|--------|---|---------|
| Periodo TN      | ...N,...            | ...N-1 | N                   | N+1,...            | ...N-1 | N                     | N+1,...                                | ...N-1 | N | N+1,... |
| Controlador 10  |                     | -----> |                     |                    |        | (Detección del fallo) | (Emisión de orden de parada inmediata) |        |   |         |
| Dispositivo 501 | Se produce un fallo |        | Detección del fallo | Operación continua |        |                       |                                        |        |   |         |
| Dispositivo 502 |                     |        | Detección del fallo | Operación continua |        |                       |                                        |        |   |         |
| Dispositivo 503 |                     |        | Detección del fallo | Operación continua |        |                       |                                        |        |   |         |
|                 |                     |        |                     |                    |        |                       |                                        |        |   |         |

FIG. 14B

| Periodo TC      | T1                  | T2                  |                    | T3                  |                                      | T4                         |                         |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Periodo TN      | ..., N, ...         | ..., N-1            | N                  | N+1, ...            | ..., N-1                             | N                          | N+1, ...                |
| Controlador 10  |                     |                     |                    | Detección del fallo | Emisión de orden de parada inmediata |                            |                         |
| Dispositivo 501 | Se produce un fallo |                     |                    |                     |                                      | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 502 |                     | Detección del fallo | Operación continua |                     |                                      | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 503 |                     | Detección del fallo | Operación continua |                     |                                      | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |

The diagram illustrates the control logic for three devices (501, 502, 503) across four time periods (T1, T2, T3, T4). The flow is as follows:

- Dispositivo 501:** In T1, a fault occurs ("Se produce un fallo"). This triggers a "Detección del fallo" in T2, leading to "Operación continua" in T3. In T4, it receives a "Par B' de parada inmediata" signal and becomes "Detenido en lo sucesivo".
- Dispositivo 502:** In T2, it detects a fault ("Detección del fallo"), leading to "Operación continua" in T3. In T4, it receives a "Par B' de parada inmediata" signal and becomes "Detenido en lo sucesivo".
- Dispositivo 503:** In T2, it detects a fault ("Detección del fallo"), leading to "Operación continua" in T3. In T4, it receives a "Par B' de parada inmediata" signal and becomes "Detenido en lo sucesivo".

Arrows indicate the flow of control signals: from Dispositivo 501 to Dispositivo 502 and Dispositivo 503 in T2, and from the Controlador 10 to Dispositivo 501 in T3.

FIG. 14C

| Periodo TC      | T1                  | T2                  |                    | T3      |         |                     | T4                                   |   |         |                            |                         |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------|---------|---------------------|--------------------------------------|---|---------|----------------------------|-------------------------|
| Periodo TN      | ...,N,...           | ...,N-1             | N                  | N+1,... | ...,N-1 | N                   | ...,N-1                              | N | N+1,... |                            |                         |
| Controlador 10  |                     |                     |                    |         |         | Detección del fallo | Emisión de orden de parada inmediata |   |         |                            |                         |
| Dispositivo 501 |                     |                     |                    |         |         |                     |                                      |   |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 502 | Se produce un fallo |                     |                    |         |         |                     |                                      |   |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |
| Dispositivo 503 |                     | Detección del fallo | Operación continua |         |         |                     |                                      |   |         | Par B' de parada inmediata | Detenido en lo sucesivo |

FIG. 15

