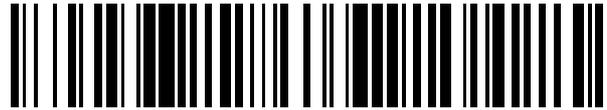


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 408**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2014 PCT/US2014/061765**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15061446**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2014 E 14793401 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3060965**

54 Título: **Codificador de diagnóstico de máquina**

30 Prioridad:

22.10.2013 US 201361894177 P

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

09.06.2020

73 Titular/es:

**NIDEC MOTOR CORPORATION (100.0%)
8050 West Florissant Avenue
St. Louis, MO 63136, US**

72 Inventor/es:

**NIRO, WILLIAM P. y
WINTER, BRIAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 765 408 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

Codificador de diagnóstico de máquina

Campo técnico

5 Esta descripción se refiere a codificadores y a un método de codificación que permiten procesar y transmitir información de diagnóstico para una máquina.

Antecedentes

10 Las grandes operaciones de fabricación, tales como la producción de papel o de acero, utilizan habitualmente máquinas muy grandes, incluyendo motores o generadores. Dichas máquinas se controlan normalmente desde un sistema remoto que puede estar dispuesto a grandes distancias de las máquinas. A título de ejemplo, para controlar las máquinas, con frecuencia se montan codificadores en el eje de la máquina o se conectan al mismo para detectar la posición y/o la velocidad de la máquina. En algunos entornos, comunicar las señales de posición del codificador al controlador y, de forma similar, enviar órdenes de control del controlador a la máquina, puede ser un proceso caro debido a las largas distancias entre el controlador y la máquina. En tales entornos pueden existir interferencias eléctricas, de manera que la transmisión inalámbrica no constituye una opción viable.

15 WO 2007/021425 A1 se refiere a un sistema para controlar parámetros de funcionamiento de un sistema controlado que incluye un elemento accionado por un motor de accionamiento conectado funcionalmente al elemento mediante una disposición de transmisión que incluye una conexión por engranajes. Se usa una unidad de detector en el motor de accionamiento o la conexión por engranajes. La unidad de detector incluye un detector para generar una señal analógica en respuesta a un estado de funcionamiento del sistema controlado y un procesador local integrado para procesar la señal analógica generada por el detector. El procesador local integrado tiene un temporizador asociado para procesar la señal analógica generada por el detector para producir una primera pluralidad de muestras de señal digitales y empaquetar juntas la primera pluralidad de muestras de señal digitales como un paquete para transmisión. El paquete incluye un valor de marca de tiempo asociado para una muestra de señal digital de la pluralidad de muestras de señal digitales y un valor de tasa de reporte asociado a partir de donde es posible determinar una sincronización relativa de las otras muestras de señal digitales.

20 US 2009/059947 A1 se refiere a un sistema de comunicación para obtener una comunicación fiable entre estaciones de comunicación. Se usa al menos una conexión de comunicación entre las estaciones de comunicación. La conexión de comunicación comprende al menos dos canales para transmitir telegramas de datos de carga, actuando sólo un canal como canal principal para la comunicación en cualquier instante y usándose los otros canales como canales de reserva.

Resumen

Esta descripción se refiere a codificadores y a un método de codificación que permiten procesar y transmitir información de diagnóstico para una máquina.

35 Según la presente invención, se dan a conocer un sistema según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 14.

40 En un aspecto que no forma parte de la presente invención un aparato de codificador puede incluir un codificador para generar una señal de salida de codificador indicativa de al menos el movimiento o la posición de un motor giratorio. Un pre-procesador permite analizar al menos una señal de detector indicativa de un estado del motor giratorio y suministrar datos de diagnóstico de motor sobre la base del análisis. Un combinador combina los datos de diagnóstico de motor con la señal de salida de codificador para suministrar una señal combinada en donde los datos de diagnóstico de motor se sincronizan con al menos el movimiento o la posición del motor giratorio indicada por la señal de salida de codificador. Una etapa de comunicaciones suministra la señal combinada a un sistema remoto.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 ilustra un ejemplo de un sistema para combinar datos de diagnóstico de máquina con datos de codificador.

45 La FIG. 2 ilustra un ejemplo de una máquina instalada y un sistema de codificador que combina datos de diagnóstico de máquina con datos de codificador de manera sincronizada con el movimiento o posición de la máquina.

La FIG. 3 ilustra un ejemplo de comunicación de datos de codificador y diagnóstico combinados entre un módulo de codificador y un descombinador.

50 La FIG. 4 ilustra un ejemplo de un pre-procesador para analizar datos de diagnóstico de máquina en combinación con datos de movimiento y/o posición de máquina.

La FIG. 5 ilustra un sistema para generar mensajes locales y/o remotos desde un módulo de codificador que procesa datos de diagnóstico de máquina.

La FIG. 6 ilustra un ejemplo de un método para suministrar datos de diagnóstico de máquina sincronizados con información de codificador.

Descripción detallada

5 Se describen un sistema y métodos para permitir la recogida, análisis y transmisión de información de diagnóstico para una máquina, tal como un motor o generador. La información de diagnóstico puede obtenerse sobre la base de una señal procedente de uno o más detectores configurados para medir un estado de la máquina o un parámetro de funcionamiento de la máquina (p. ej., temperatura, vibración, humedad, etc.). En un ejemplo, un aparato de codificador puede transformar la posición de la máquina en una señal de codificador representativa de la posición y/o la velocidad de la máquina asociada (p. ej., motor, generador). Por ejemplo, el aparato de codificador puede ser un codificador incremental. El aparato de codificador también puede incluir un pre-procesamiento configurado para realizar procesamiento o cálculos de señales con información de detector de máquina y suministrar la información de diagnóstico. El pre-procesamiento puede realizarse localmente cuando el codificador está instalado en la máquina y/o remotamente en un sistema (p. ej., controlador, ordenador) que procesa los datos de posición de codificador y diagnóstico. En vez de transmitir la información de diagnóstico en cables separados que aumentarían los costes del sistema, el aparato de codificador puede transmitir la información de diagnóstico para la máquina a un sistema remoto combinando datos de codificador con la información de diagnóstico de la máquina usando cableado existente para los datos de codificador.

De forma adicional, la información de diagnóstico de la máquina puede sincronizarse con la posición de la máquina, por ejemplo, mediante puntos predeterminados en el codificador (p. ej., en sincronización con la marca de referencia del codificador o alguna posición con respecto a la marca de referencia). La información de diagnóstico de máquina también puede sincronizarse con otros parámetros de motor, tales como, por ejemplo, la velocidad del motor. Sincronizando la información de diagnóstico con la posición y/o la velocidad de codificador es posible implementar más análisis detallados y solucionar más problemas sobre la base de la información de diagnóstico sincronizada. Por ejemplo, si se detectan vibraciones en la máquina (p. ej., mediante uno o más acelerómetros) y se sincronizan mediante el codificador con la información de la posición y/o velocidad, el pre-procesamiento (así como el post-procesamiento subsiguiente) permite determinar si las vibraciones superan un umbral predeterminado, de modo que es posible determinar fácilmente la posición y/o la velocidad del motor en donde se producen anomalías de vibraciones.

En algunos ejemplos, el pre-procesamiento permite detectar un estado del motor, que puede resultar en el control dinámico (p. ej., ajuste) de la detección o muestreo de diagnóstico de máquina de los detectores para generar la información de diagnóstico de máquina. Tal como se describe en la presente memoria, otros tipos de información de diagnóstico de máquina pueden sincronizarse con las señales de posición y/o velocidad del codificador y pueden enviarse como una señal combinada al sistema remoto. Las máquinas controladas pueden ser significativamente grandes (p. ej., motores con una potencia superior a 1000 caballos) y caras, de modo que los diagnósticos de máquina implementados según los sistemas y métodos pueden ayudar a proteger una inversión de capital significativa.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de un sistema 100 configurado para combinar datos de diagnóstico de máquina con datos de codificador, de modo que los datos de diagnóstico de máquina se sincronizan con el movimiento y/o la posición de la máquina. En la presente memoria, los datos de diagnóstico de máquina pueden comprender cualquier información sobre el buen estado u otros estados de diagnóstico de la máquina. Ejemplos de buen estado o de estado de diagnóstico de este tipo pueden incluir uno o más de los siguientes estados: vibración, temperatura (p. ej., temperatura de los cojinetes, temperatura del devanado, temperatura del refrigerante de la máquina), humedad, condiciones eléctricas (p. ej., tensión y/o corriente), par o tensiones de la máquina. Cada uno de estos estados detectados puede suministrarse como una señal analógica o digital desde uno o más detectores 140. Por lo tanto, el tipo de detectores puede variar dependiendo de los requisitos de la aplicación y del tipo de máquina, y del buen estado o los estados de diagnóstico detectado o detectados. En los ejemplos descritos en la presente memoria la máquina 120 se describe de forma típica como un motor o un generador giratorio, aunque son posibles otras máquinas, tales como un motor lineal o una corredera, en donde la máquina acciona la corredera y el codificador 110 controla el movimiento de la corredera. Por lo tanto, también en la máquina 120, es posible recoger información de diagnóstico de máquina directamente de un eje de montaje mecánico o una conexión a un eje de la máquina para obtener información similar. Un ejemplo consistiría en vibración tridimensional y entrada de audio en sincronización con la posición de giro para controlar una máquina desde un eje no accionado por motor.

El sistema 100 incluye un codificador 110 para controlar una máquina 120 y para generar una señal 124 de salida de codificador que indica el movimiento y/o la posición de la máquina. El codificador 110 puede ser un codificador incremental (p. ej., también conocido como tacómetro o generador de pulsos giratorio). Por ejemplo, el codificador incluye un elemento giratorio que puede estar conectado coaxialmente a un eje de motor giratorio de la máquina. El codificador 110 puede suministrar una salida de codificador que es proporcional a la posición del eje (conteo de pulsos) o a la velocidad del eje (frecuencia de pulsos) o puede suministrar información de posición y velocidad. Por ejemplo, el codificador puede generar pulsos de cuadratura de codificador típicos (p. ej., A, /A, B, /B, marcador, /marcador) para seguir la posición y la velocidad de la máquina 120. El codificador 110 puede configurarse usando diversas tecnologías de detección, tales como tecnologías ópticas (p. ej., detección de luz mediante uno o más

fotodiodos), magnéticas (p. ej., detección de elementos magnéticos mediante efecto Hall o detectores magneto resistivos), conductoras o similares.

Un combinador 130 está configurado para recibir la señal 124 de salida de codificador del codificador o codificadores 110 y para recibir datos 154 de diagnóstico pre-procesados. Por ejemplo, al menos otro detector 140 está configurado para controlar un estado de la máquina (p. ej., caracterizar el buen estado y/o el estado de diagnóstico de la máquina 120) y suministrar una señal 134 de detector correspondiente, que puede ser una señal analógica o digital. La señal 134 de detector puede ser recibida en un puerto 144 de entrada/salida (I/O) desde uno o más detectores 140 de diagnóstico de máquina externos. El puerto I/O 144 puede incluir cualquier número y tipo de puerto para su conexión a detectores 140 respectivos. Por ejemplo, el puerto puede comprender una entrada eléctrica en serie para recibir datos de detector eléctricos. A título de ejemplo adicional, el puerto de entrada puede comprender una interfaz inalámbrica local para recibir señales de detector, tales como Bluetooth local u otro protocolo de comunicaciones de corto alcance. Por ejemplo, el detector 140 puede incluir un detector de transformador de corriente (CT) para medir corriente a través de uno o más devanados del motor. El detector de CT puede suministrar una señal de corriente detectada (p. ej., una señal analógica o digital) al puerto I/O mediante comunicaciones por cable o inalámbricas. En algunos ejemplos, el detector 140 (p. ej., un detector de CT) puede ser alimentado autónomamente basándose en la tensión inducida o la corriente generada a partir de la señal eléctrica que circula a través de un conductor al que está unido el detector.

El detector 140 (o detectores) pueden instalarse en diversas posiciones y pueden incluir sustancialmente cualquier tipo de detectores analógicos y/o digitales. En algunos ejemplos, el detector puede montarse en diversos puntos en la máquina 120 (o junto a la misma), con cada salida de detector suministrando datos 134 de detector de diagnóstico al puerto (o puertos) I/O 144. El detector 140 puede ser sustancialmente cualquier tipo de detector, incluyendo: termopares, acelerómetros, detectores de vibración, detectores de presión, detectores de corriente, detectores de tensión, detectores de par, galgas de tensión, detectores de cojinetes y estatores y otros. El detector 140 también puede incluir detectores digitales, tales como detectores de exceso de velocidad, detectores de ventilador, detectores de filtración, detectores de presión y/o temperatura de flujo refrigerante, detectores de conmutación (p. ej., conmutadores de temperatura, conmutadores de detector de flujo de aire, etc.) y otros, que pueden variar dependiendo de la función y aplicación de la máquina 120. En otro ejemplo adicional el detector 140 puede estar montado en el codificador 110 o junto al mismo. En algunos casos, la carcasa del módulo 190 de codificador o la conexión entre el codificador y la máquina pueden funcionar como un transductor para controlar las propiedades de la máquina 120 (p. ej., controlar la carcasa del codificador para la temperatura o las vibraciones del motor). En tales casos, la salida de detector procedente del codificador 110 podría ser dirigida al pre-procesador 150 o ser enviada directamente al combinador 130 para su combinación con los datos 124 de salida de codificador.

Aunque el ejemplo de la FIG. 1 muestra los detectores 140 dispuestos externamente con respecto al módulo 190 de codificador que aloja el codificador 110 y la circuitería/componentes eléctricos asociados, de forma adicional o alternativa, es posible implementar uno o más de dichos detectores dentro del módulo 190 o en el mismo para controlar el buen estado y/o información de diagnóstico de la máquina. En un ejemplo alternativo de este tipo, el pre-procesador 150 puede recibir señales de detector correspondientes mediante un bus interno, por ejemplo, desde el detector de diagnóstico de máquina dispuesto dentro del propio aparato de codificador.

El módulo 190 de codificador puede incluir un pre-procesador 150 configurado para realizar análisis en los datos 134 de detector de diagnóstico antes de suministrar datos 154 de diagnóstico procesados al combinador 130. El pre-procesador 150 puede ser un microprocesador o microcontrolador que también controla los componentes del aparato codificador. En la presente memoria, el pre-procesamiento realizado por el pre-procesador 150 puede ser programado sobre la base de datos 192 de programa, que pueden depender del tipo de señal (p. ej., analógica o digital), así como del tipo o configuración de componentes o del estado de la máquina 120 detectada. Por ejemplo, los datos 192 de programa pueden especificar un tipo específico de pre—procesamiento a realizar por parte del pre—procesador 150 sobre la base del tipo de detector 140 y, por lo tanto, el pre-procesador 150 puede ser programado para transformar la señal detectada en una forma diferente, por ejemplo, mediante filtrado, transformada rápida de Fourier, muestreo, cuantificación y similares. Este pre-procesamiento permite facilitar combinar la señal detectada pre-procesada con datos de posición o giro, o permite reducir el ancho de banda eficaz necesario para transmitir los datos de diagnóstico. De forma adicional o alternativa, los datos 192 de programa pueden especificar características físicas y funcionales (p. ej., número y tipo de cojinetes, cargas previstas, frecuencias de funcionamiento y similares) de la máquina. Además, los datos de programa permiten especificar el tipo de codificador 110 y la especificación de salida de la salida 124 de codificador. Por lo tanto, sobre la base de los datos 192 de programa, el pre-procesador 150 puede analizar las señales realizando comparaciones, aplicando operadores matemáticos, análisis estadísticos y/o operadores lógicos en los datos adquiridos por uno o más de los detectores 140.

A título de ejemplo, el pre-procesamiento puede comparar la señal detectada o una versión procesada de la misma con uno o más valores predeterminados adicionales, pudiendo incluir valores promedio, normas u otras características almacenadas previamente. Por ejemplo, los datos de vibración detectados de los cojinetes de la máquina pueden compararse con perfiles de vibración de cojinetes (p. ej., parámetros de funcionamiento normales determinados para dicha máquina) o con estados registrados previamente considerados como de un funcionamiento normal de la máquina específica. Este “pre-registro” de estados normativos de la máquina puede activarse

localmente, mediante una entrada de operario, en intervalos de tiempo predeterminados o determinados estadísticamente o mediante un sistema remoto 180, por ejemplo. También a título de ejemplo, el pre-procesador 150 puede utilizar los datos 192 de programa para controlar el funcionamiento del detector o detectores 140, por ejemplo, ajustando una tasa de muestreo sobre la base de otro pre-procesamiento.

5 También a título de ejemplo, el pre-procesador 150 puede realizar análisis de transformada rápida de Fourier (FFT) para analizar señales procedentes de la máquina 120. Esto puede incluir controlar datos 134 de detector de diagnóstico de detector con respecto a umbrales predeterminados e iniciar alarmas locales (p. ej., activar una luz en el motor para alertar al operario) si se supera un umbral. Por ejemplo, si se detectase una vibración en la máquina en uno o más ejes de movimiento específicos superior a un umbral de vibración predeterminado y en una frecuencia de aviso de los tipos de cojinete contenidos en la máquina, el pre-procesador 150 podría activar una alarma. La detección de este u otro estado/evento también puede utilizarse por parte del pre-procesador 150 para controlar adicionalmente las mediciones realizadas por el detector 140, por ejemplo, aumentando la tasa de muestreo en respuesta. El pre-procesador 150 también puede utilizar la posición y/o la velocidad medidas por el codificador 110 y suministradas en la salida 124 de codificador para ajustar dicho control, por ejemplo, aumentando la tasa de muestreo para un detector 140 determinado según una posición/velocidad en donde se detectó el estado/evento. Por lo tanto, es posible adquirir información de diagnóstico de máquina detallada adicional relevante para un umbral o estado predeterminado de la máquina, así como sobre la base de la información 124 de codificador. El pre-procesador 150 también puede empaquetar mensajes de alarma en los datos 154 de diagnóstico procesados para su procesamiento adicional y su entrada en el sistema remoto 180. Por ejemplo, con la recepción de un mensaje de alarma, el sistema remoto 180 puede alertar a los responsables (p. ej., mediante una pantalla local/alarmas de sonido o mediante mensajes electrónicos, tales como correo electrónico). El sistema remoto 180 también permite modificar automáticamente el funcionamiento de la máquina 120 (incluyendo su desactivación) dependiendo de la naturaleza de la alarma/mensaje recibido.

25 Otros aspectos de procesamiento del pre-procesador 150 pueden incluir análisis más elaborados, tales como componentes de aprendizaje operativos (p. ej., clasificadores) que controlan la máquina 120 con el paso del tiempo mediante los datos 134 de detector de diagnóstico recibidos. Dichos componentes pueden ser entrenados en lo que respecta a las operaciones normales de la máquina y generar alarmas sobre la base de desviaciones con respecto a probabilidades estadísticas previstas para la máquina 120.

30 A título de ejemplo adicional, los datos 192 de programa pueden ser almacenados en la memoria en el módulo de codificador, por ejemplo, como no volátiles. El pre-procesador también puede utilizar memoria volátil que incluye instrucciones para ejecutar análisis de diagnóstico y sincronización y para procesar datos 134 de detector de diagnóstico recibidos y controlar datos 124 de salida de codificador, tal como se describe en la presente memoria. Los datos de programa pueden ser programados en respuesta a instrucciones PROG de programa. Las instrucciones PROG de programa pueden ser recibidas a través de una interfaz local 194, por ejemplo, conectando un ordenador u otro dispositivo al módulo de codificador a través de un conector adecuado. De forma adicional o alternativa, las instrucciones PROG de programa pueden ser suministradas desde el sistema remoto 180, pueden ser recibidas por un receptor 176 de una etapa 170 de comunicaciones y pueden ser almacenadas en una memoria como los datos 192 de programa. Por ejemplo, la memoria también puede cargarse previamente de forma remota con datos típicos o normales, por ejemplo, que incluyen perfiles de vibración de cojinetes, frecuencias de resonancia, características inerciales de la máquina y similares.

45 El combinador 130 puede estar configurado para agregar los datos 154 de diagnóstico procesados a la señal 124 de salida de codificador para suministrar una señal combinada 160 que incluye los datos de diagnóstico procesados sincronizados con datos de codificador que representa al menos el movimiento y/o la posición de la máquina 120. Por ejemplo, el combinador 130 puede suministrar los datos de diagnóstico procesados como intermedios con respecto a señales de alta frecuencia moduladas en una señal de codificador de frecuencia relativamente baja. La señal de codificador puede ser suministrada según un protocolo de comunicación estándar (p. ej., PROFIBUS, MODBUS, CANopen, Industrial Ethernet, DeviceNet o similares). Por lo tanto, el combinador 130 puede permitir suministrar la señal 160 de salida combinada para incluir la señal de salida de codificador (empaquetada según un protocolo deseado), que funciona también como una señal portadora en donde se modulan los datos 154 de diagnóstico procesados.

55 El pre-procesador 150 permite controlar qué datos de diagnóstico procesados (p. ej., de uno o más detectores) son suministrados al combinador 130 para su modulación en la señal de codificador. Por lo tanto, la disposición de dichos datos 154 de diagnóstico procesados en los pulsos de señal de codificador puede permitir obtener por sí misma una sincronización temporal deseada con información de codificador correspondiente, es decir, la posición y/o la velocidad del motor. Por ejemplo, el pre-procesamiento puede producirse sustancialmente en tiempo real, de modo que los datos de diagnóstico procesados son suministrados de forma sustancialmente concurrente con el estado de la máquina detectado y se disponen mediante el combinador 130 en el flujo 124 de señal de salida de codificador de acuerdo con el instante de la medición. Por lo tanto, determinando la posición o la velocidad del motor a partir de la parte de codificador de la señal combinada es posible suministrar una estructura de referencia para la posición/velocidad de la máquina en correspondencia con cada estado de máquina detectado en los datos de diagnóstico procesados.

A título de otro ejemplo de sincronización, el pre-procesador 150 puede controlar la señal 124 de salida de codificador (p. ej., una serie de pulsos) de forma sincronizada temporalmente con respecto al pulso de marcador de codificador que se genera una vez por revolución del codificador. Sobre la base del pulso de marcador (o pulsos A y B de posición de conteo), el pre-procesador 150 puede controlar cuándo suministrar los datos 154 de diagnóstico procesados al combinador 130. Por ejemplo, sería posible sincronizar datos con alguna fracción de una revolución más allá del pulso de marcador o, en otro ejemplo, varias revoluciones más allá de una posición de marcador determinada. En otro ejemplo de sincronización, el pre-procesador 150 podría controlar la señal 124 de salida de codificador para una frecuencia determinada de pulsos y enviar datos al combinador 130 cuando la máquina ha alcanzado la velocidad determinada. Sustancialmente cualquier tipo de evento de la máquina puede controlarse mediante el pre-procesador 150 y utilizarse para sincronizar los datos 134 de detector de diagnóstico recibidos desde el detector 140 con el evento respectivo (p. ej., un evento de aceleración anotado a 100 conteos más allá del marcador, un evento de vibración cada 1000 pulsos de marcador y otros).

El módulo 190 de codificador también incluye una etapa 170 de comunicaciones para suministrar la señal combinada 160 del combinador 130 a un sistema remoto 180 a través de cableado, mostrado esquemáticamente como 172. Por ejemplo, la etapa 170 de comunicaciones puede incluir un transmisor 174 (p. ej., uno o más drivers de línea) que transmite señales a larga distancia a través del cableado 172, tal como un par de conductores enrollados. Tal como se describe en la presente memoria, la etapa 170 de comunicaciones también puede incluir el receptor 176 para recibir instrucciones (PROG) de programa para programar el módulo de codificador, incluyendo los datos 192 de programa.

El sistema remoto 180 puede ser un sistema de control para la máquina, aunque son posibles otros tipos de sistemas, tales como uno o más ordenadores o redes de ordenadores dedicados que incluyen software y/o hardware para controlar los datos de diagnóstico y los datos de codificador recibidos. Tal como se describe en la presente memoria, es posible implementar un descombinador en el sistema remoto 180 para separar la señal 124 de salida de codificador de los datos 154 de diagnóstico procesados. Los términos combinador y descombinador (y sus variaciones) se refieren sustancialmente a cualquier método para combinar y separar, respectivamente, múltiples señales de datos. Por ejemplo, el mismo puede incluir, por ejemplo, multiplexación y demultiplexación, modulación y desmodulación, mezclado y filtrado. A título de ejemplo, tal como se ha mencionado anteriormente, los datos procesados 154 podrían ser modulados mediante el combinador 130 como un componente de alta frecuencia sobre la señal 124 de salida de codificador de frecuencia más baja. Es decir, la señal de codificador puede funcionar como una señal portadora en donde se modulan los datos de diagnóstico procesados. Aunque el combinador 130 se muestra como un componente separado de la etapa 170 de comunicaciones, el combinador podría estar integrado con la etapa de comunicaciones para efectuar la transmisión de la señal combinada al sistema remoto 180.

El detector 140 (o detectores) puede instalarse en diversas ubicaciones y puede incluir sustancialmente cualquier tipo de detectores analógicos y/o digitales, tal como se describe en la presente memoria. En algunos ejemplos, el detector puede montarse en diversos puntos en la máquina 120 (o junto a la misma) con cada salida de detector suministrando datos 134 de diagnóstico al puerto (o puertos) I/O 144. El detector 140 también puede incluir detectores digitales, tales como detectores de velocidad excesiva, detectores de ventilador, detectores de filtración y otros, que pueden variar dependiendo de la función y aplicación de la máquina 120. En otro ejemplo adicional, el detector 140 puede estar montado dentro del codificador 110 o junto al mismo. En algunos casos, la carcasa del codificador 110 o la conexión entre el codificador y la máquina puede funcionar como un transductor para controlar las propiedades de la máquina 120 (p. ej., controlar la carcasa del codificador a efectos de temperatura, vibración del motor o vibraciones de los cojinetes de la máquina). En tales casos, la salida de detector del codificador 110 podría ser dirigida al pre-procesador 150 o ser enviada directamente al combinador 130 para su combinación con los datos 124 de salida de codificador. En otros ejemplos adicionales de implementación del detector, algunos detectores 140 podrían instalarse en la máquina 120, mientras que otros podrían instalarse en el codificador 110.

Tal como se muestra en la FIG. 1, a título de ejemplo, el codificador 110, el combinador 130, el pre-procesador 150 y la etapa de salida podrían estar empaquetados todos como un módulo 190 de codificador. Son posibles diversas configuraciones adicionales. Por ejemplo, el pre-procesador 150, el combinador 130 y la etapa 170 de comunicaciones podrían estar empaquetados como un módulo añadido que se instala con aplicaciones de codificador existentes ya instaladas con la máquina 120 respectiva. En otro ejemplo adicional, el codificador 110 y el pre-procesador 150 podrían estar empaquetados en un módulo y el combinador 130 y la etapa 170 de comunicaciones podrían estar empaquetadas como parte de un módulo separado. De forma similar, son posibles diversas combinaciones de empaquetado adicionales para el codificador 110, el combinador 130, el pre-procesador 150 y la etapa 170 de comunicaciones. De forma similar, el puerto I/O 144 podría formar parte de una conexión de barrera en donde diversas entradas de detector son recibidas en un único punto o el puerto I/O podría representar múltiples puertos dispuestos en diversos puntos en el módulo 190 de codificador.

Debe observarse que los ejemplos descritos en la presente memoria pueden comprender diferentes implementaciones de circuito analógicas y/o digitales. Algunos componentes pueden utilizarse como implementaciones separadas, tales como un comparador que compara una señal de referencia con una señal de detector y, en otros ejemplos, sería posible usar controladores que funcionan mediante instrucciones de pre-procesador y que intercambian datos a través de transformadores D/A y A/D para controlar datos y generar señales de salida. El módulo 190 de codificador puede utilizar diversos medios para controlar parámetros eléctricos, tales

- como controlar la tensión, la resistencia, la capacitancia, la inductancia y/o la corriente. El mismo también puede utilizar un microcontrolador u otra circuitería de control (p. ej., una DSP) capaz de digitalizar estos parámetros, almacenar interpretaciones digitales de estos parámetros en su memoria y asociar valores adquiridos con eventos en el funcionamiento del módulo 190. Por ejemplo, esto puede incluir realizar operaciones lógicas y aritméticas con los valores adquiridos de información de diagnóstico de máquina. De forma adicional, debido a que la información de diagnóstico de máquina se envía por cableado ya existente (p. ej., uno o más pares de cables enrollados), no es necesario usar conexiones caras adicionales que, en muchos casos, pueden extenderse aproximadamente 30,48 metros (100 pies) o más (p. ej., en ocasiones, más de 304,8 metros (1000 pies) y, en algunos casos, 0,8 km (½ milla) o más).
- En algunos casos, el sistema puede controlar automáticamente su propio cableado y estado de funcionamiento. Un ejemplo consistiría en controlar la tensión de entrada del sistema 100. Si se registrase un evento en donde la tensión de entrada cae por debajo de un umbral predeterminado, el pre-procesador 150 podría incluir estos datos o una alarma como información de diagnóstico que se envía al combinador 130. En otro ejemplo, el sistema podría controlar el comportamiento de las salidas y los sistemas de cableado existentes en conexión con un estado 170 de salida, incluyendo cortocircuitos, discordancias de impedancia que provocan ecos de señal, ruido externo superpuesto con las señales o que interfiere con las mismas o cables sueltos o desconectados. Nuevamente, el pre-procesador 150 podría incluir esto como datos de diagnóstico enviados al combinador 130. De forma alternativa o adicional, si se determina que el enlace de comunicaciones existente no puede transmitir los datos de diagnóstico, el combinador 130 y/o la etapa 170 de salida se pueden reconfigurar dinámicamente para transmitir los datos de diagnóstico a través de uno o más cables diferentes que se determinan más adecuados para la transmisión. Por ejemplo, el pre-procesador 150 permite analizar la calidad de la trayectoria de comunicaciones principal existente y/o la calidad de una o más trayectorias secundarias disponibles adicionales, y controlar selectivamente qué trayectoria (p. ej., qué cable o cables) permite obtener la señal combinada sobre la base de dicho análisis. En algunos ejemplos, es posible señalar información sobre errores en comunicaciones desde el sistema remoto como retroalimentación para el módulo 190 de codificador a efectos de ajustar la trayectoria y/o el ancho de banda utilizados para las señales combinadas. Por ejemplo, el pre-procesador 150 puede hacer que la etapa de comunicaciones redirija la señal combinada a otra trayectoria de comunicaciones si la información de diagnóstico sobre la trayectoria actual indica que otra trayectoria (p. ej., par de cables) sería más adecuada para la transmisión de la señal combinada a la estación remota. De forma alternativa, el pre-procesador 150 podría ajustar tasas de muestreo o el combinador 130 podría ajustar contenido de diagnóstico para una mejor adaptación a las condiciones del cableado. Cualquier parte o la totalidad de esta información de diagnóstico podría ser transmitida al sistema remoto 180. Por ejemplo, el pre-procesador 150 podría modificar el contenido de la señal combinada, la alarma o los datos en respuesta a la determinación de si la información de diagnóstico sobre la trayectoria de comunicaciones indica una reducción de ancho de banda potencial para transmitir la señal combinada.
- El sistema 100 también puede usar datos 134 de detector individuales o combinados, internos o externos, para corregir y/o suministrar una alerta sobre la propia posición de codificador o los propios datos de velocidad. En un ejemplo, el detector 110 de velocidad de codificador muestra actualmente una velocidad igual a cero, pero los datos procedentes de un detector de vibración indican el giro de la máquina. A título de ejemplo, es posible que el pre-procesador 150 genere una alarma sobre la base de la discrepancia entre los datos de detector de vibración y los datos de codificador, pudiendo ser transmitida dicha alarma al sistema remoto 180 y/o ser visualizada localmente. Por lo tanto, dicha alarma puede indicar un posible mal funcionamiento del sistema de velocidad de codificador o una desconexión del eje de la máquina. En otro ejemplo, el codificador 110 indica fluctuaciones de velocidad rápidas debidas a deficiencias en el sistema de detección de velocidad. Las entradas procedentes de los otros detectores 140 de la máquina, así como las características inerciales almacenadas previamente de la máquina, pueden correlacionarse con respecto a la información de velocidad de codificador para generar una alarma de que las fluctuaciones de velocidad mostradas por el codificador pueden no representar de forma precisa el movimiento de la máquina. De forma alternativa, es posible usar entradas de detector de máquina adicionales procesadas previamente para corregir o desfasar las señales de velocidad o posición de codificador. Esta función de corrección o alarma puede estar incluida en el codificador 110, el pre-procesador 150 o el combinador 130.
- La FIG. 2 ilustra un ejemplo de una máquina instalada y un sistema 200 de codificador que combina datos de diagnóstico de máquina sincronizados con el movimiento o la posición de la máquina sobre la base de datos de codificador. Se muestra una máquina 210 en una configuración de ejemplo en donde un módulo 220 de codificador está conectado físicamente a la máquina. La carcasa del módulo 220 de codificador puede unirse a la máquina 210 o puede separarse mediante una conexión mecánica entre el módulo de codificador y la máquina que conecta físicamente un eje de la máquina a un eje en el codificador. Tal como se muestra, la máquina puede tener uno o más detectores 230, mostrados como los detectores 1-N, siendo N un valor entero positivo. Los detectores 230 pueden montarse en la máquina 210, sobre la máquina, o pueden usarse para controlar condiciones ambientales fuera de la máquina y, por lo tanto, se montan por separado, separados de la máquina. Uno o más detectores adicionales 232 pueden montarse en el módulo 220 de codificador o unirse al mismo. Cada uno de los detectores 230 y 232 puede estar configurado para controlar o medir estados relacionados con el buen estado de la máquina 250, tal como se describe en la presente memoria, siendo dichos estados medidos diferentes de la posición o la velocidad del motor controlada por el detector 280 de codificador. Tal como se describe en la presente memoria, las señales de detector de máquina que salen de los detectores 230 pueden ser recibidas en un puerto (o puertos) I/O

240 del módulo 220 de codificador. Las señales de detector de máquina del detector 232 pueden ser suministradas al puerto I/O 240 a través de enlaces de comunicación por cable o inalámbricos o ser suministrados al pre-procesador 254 a través de un bus interno.

5 Tal como se describe en la presente memoria, el sistema 200 puede estar configurado para reportar eventos o alarmas de diagnóstico reales en tiempo real. En algunos ejemplos, el sistema puede estar configurado para realizar análisis de procesamiento y/o comparativos o utilizar sistema de aprendizaje para implementar diagnósticos predictivos sobre la base de tendencias o eventos repetidos. Los diagnósticos predictivos también pueden permitir la notificación a operarios locales o a una estación remota 180 de que existe una probabilidad (una probabilidad estadística predeterminada) de que se producirá un estado de alerta antes de que unos parámetros superen normas aceptables.

10 El detector 280 de codificador está configurado para controlar el movimiento y/o la posición de la máquina. El detector 280 de codificador puede ser un codificador o un solucionador incremental, por ejemplo, que suministra la señal de salida de codificador que representa un movimiento de giro de un eje de la máquina 250 alrededor de un eje. El detector 280 de codificador puede configurarse usando varias tecnologías, tales como tecnologías ópticas (p. ej., detección de luz a través de uno o más fotodiodos), magnéticas (p. ej., detección de elementos magnéticos mediante efecto Hall o detectores magneto resistivos), conductoras, inductivas o capacitivas, o similares. El detector 280 de codificador suministra una salida eléctrica indicativa de la posición y/o la velocidad de la máquina (p. ej., un motor o generador giratorio) a la que está conectado el detector de codificador.

15 Un pre-procesador 254 recibe los datos de diagnóstico de los detectores 230 y 232 para realizar análisis sobre los datos además de sincronizar los datos con el codificador 2. El pre-procesador puede ser programado para funcionar tal como se ha descrito haciendo referencia a la FIG. 1. La salida del codificador 280 y el pre-procesador se combina de manera sincronizada mediante un combinador 260 que suministra una señal de salida combinada a una etapa 270 de salida para su transmisión a un sistema remoto. Tal como se ha mencionado, son posibles diversas combinaciones para el módulo 220 de codificador, en donde la totalidad o parte de los componentes representados en el módulo pueden existir en el interior y/o en el exterior del módulo de codificador. En este ejemplo, uno o más detectores 232 de máquina también pueden montarse en el módulo 220 de codificador.

20 Las salidas de los detectores 230 y 232 se envían al pre-procesador 254 para su eventual combinación con la señal de salida de codificador mediante el combinador 260. El combinador 260 puede permitir suministrar datos de codificador y datos de diagnóstico de máquina agregados a una etapa 270 de salida. Tal como se muestra haciendo referencia a la FIG. 1, por lo tanto, los datos de diagnóstico de máquina en la señal combinada pueden sincronizarse con la posición o el movimiento de la máquina, tal como se representa mediante la señal de codificador del detector 280 de codificador.

25 Las salidas de los detectores 230 y/o 232 y/o la salida del pre-procesador 254 también se pueden usar para corregir los datos de velocidad o posición creados mediante el detector 280 de velocidad/posición. De forma alternativa o adicional, es posible generar alarmas mediante el pre-procesador 254 y enviarlas al combinador 260 para informar a usuarios locales o remotos que el detector 280 de velocidad está funcionando mal o está funcionando marginalmente.

30 La FIG. 3 ilustra un sistema 300 de ejemplo que muestra una transmisión y una recepción de una señal de codificador y diagnóstico combinada generada mediante un módulo de codificador (p. ej., el módulo 190 de codificador de la FIG. 1 o el módulo 220 de la FIG. 2). En el ejemplo de la FIG. 3 la señal combinada es comunicada desde el módulo de codificador (p. ej., que se corresponde con el módulo 190 o 220) a un descombinador 320 que está separado del combinador en el módulo 310 mediante una trayectoria que incluye una longitud de cableado 330, tal como aproximadamente 30,48 metros (100 pies) o más (p. ej., 0,8 km (½ milla) o más). El módulo 310 de codificador y el descombinador pueden estar dispuestos en el mismo edificio o en edificios separados.

35 La trayectoria 330 de comunicaciones puede incluir uno o más segmentos de cableado conductor eléctricamente (p. ej., pares enrollados), radios inalámbricas, estaciones repetidoras, fibras ópticas conectadas entre transceptores de fibra óptica u otras tecnologías de comunicación. A título de ejemplo, la trayectoria 330 incluye una longitud de cableado conductor eléctricamente, que se extiende por ejemplo entre el módulo 310 de codificador y el descombinador 320 una distancia de aproximadamente 30,48 metros (100 pies) o más (p. ej., 0,8 km (½ milla) o más). Dependiendo del entorno a través del que pasa la trayectoria y del ruido asociado, la trayectoria puede incluir múltiples segmentos de una o más tecnologías de comunicaciones para ayudar a asegurar la integridad de la señal. El módulo 310 de codificador y el descombinador pueden estar dispuestos en el mismo edificio o en edificios separados. La señal combinada puede incluir datos de codificador que representan datos de posición de frecuencia más baja desde el codificador.

40 En el ejemplo de la FIG. 3, a efectos ilustrativos, se muestra un único cable para la trayectoria 330 de comunicaciones entre el módulo 310 de codificador y la estación remota 320. No obstante, es posible implementar uno o más cables conductores eléctricamente (p. ej., 3 o más pares enrollados) u otros tipos de trayectorias de comunicaciones (enlaces ópticos y/o inalámbricos) como la trayectoria 330 para suministrar señales combinadas que transportan los datos de codificador (p. ej., A, /A, B, /B, C, /C) y los datos de diagnóstico de máquina. En

algunos ejemplos solamente una de las seis señales de codificador comunicadas en uno o un par de cables tiene datos de codificador y diagnóstico combinados. En otros ejemplos, más de una de las señales comunicadas en múltiples cables o pares de cables pueden incluir los datos de codificador y los datos de diagnóstico de máquina combinados.

- 5 En algunos casos, tales como en situaciones en donde la trayectoria 330 puede no ser atravesada de forma eficaz mediante cables conductores eléctricos individuales, la señal combinada puede ser transmitida a la estación remota 320 a través de una trayectoria secundaria 340 (p. ej., una trayectoria de comunicaciones auxiliar). Del mismo modo que la trayectoria 330, la trayectoria secundaria 340 puede incluir uno o más cables conductores eléctricamente (p. ej., pares enrollados), radios inalámbricas, estaciones repetidoras, transceptores de fibra óptica u otras tecnologías de comunicación que pueden sustituir total o parcialmente uno, varios o todos los segmentos de la trayectoria 330 de comunicaciones de datos principal. En algunos ejemplos, la trayectoria secundaria 340 puede incluir la misma trayectoria física 330, aunque representar que la tecnología de comunicaciones usada para comunicar la señal combinada en dicha trayectoria se ha modificado. En el ejemplo en donde se utiliza la misma trayectoria física (p. ej., una trayectoria conductora eléctricamente de un cable o un par de cables) para la transmisión de la señal combinada, el tipo de modulación puede modificarse a otro tipo de modulación que es más resistente al ruido (p. ej., reduciendo el orden de modulación de amplitud de cuadratura (QAM)).

En el ejemplo esquemático de la FIG. 3, la señal combinada puede incluir datos de diagnóstico superpuestos con respecto a los datos de codificador, tal como en los casos en que los datos de diagnóstico representan un componente de alta frecuencia modulado en la señal de codificador para suministrar la señal combinada. En este ejemplo, la disposición de los datos de diagnóstico con respecto a los datos de codificador (p. ej., los pluses de señal) permite obtener la sincronización entre la información de codificador y la información de diagnóstico de máquina. Los datos de diagnóstico pueden ser datos de detector de máquina sin procesar, datos de detector procesados previamente, mensajes de diagnóstico, mensajes de alarma, mensajes de mantenimiento, datos estadísticos, datos de buen estado que indican el desgaste de la máquina y sustancialmente cualquier otro tipo de datos relacionados con la máquina o los detectores de máquina (p. ej., los detectores 140 de la FIG. 1; los detectores 230 y 232 de la FIG. 2). En algunos ejemplos, los datos de diagnóstico también pueden incluir información de diagnóstico sobre el módulo de codificador, o el cableado de la máquina o el codificador, incluyendo el cableado para comunicaciones de datos y/o energía y/o el módulo de codificador. La salida del descombinador 320 suministra la señal combinada recibida desde el módulo 310 de codificador en sus partes constituyentes, mostrándose como una salida de datos de codificador y una salida de datos de diagnóstico que pueden ser procesados posteriormente por un sistema (o sistemas) remoto. La función del descombinador puede ser la inversa de la función implementada por el combinador en el módulo 310 de codificador (p. ej., un demultiplexador, un desmodulador o similares).

La FIG. 4 ilustra un ejemplo de pre-procesador 400 que puede ser implementado para analizar datos de diagnóstico de máquina (p. ej., en correspondencia con el pre-procesador 150 de la FIG. 1 o el pre-procesador 254 de la FIG. 2). El pre-procesador 400 puede incluir una memoria 420 que incluye diversos módulos funcionales (p. ej., bloques de código) que pueden ejecutarse como instrucciones mediante un núcleo de procesador del pre-procesador. La memoria puede estar implementada como un medio que puede leerse de máquina no transitorio, que puede incluir un medio volátil, no volátil o una combinación de los mismos. En un ejemplo, el pre-procesador 400 podría ser un microprocesador separado de la memoria 420. En otro ejemplo, el pre-procesador 400 podría ser un microcontrolador en donde la memoria 420 está integrada en el pre-procesador. Aunque los módulos descritos en la presente memoria se describen en términos de instrucciones almacenadas en la memoria 420, debe observarse que las funciones de uno o más de los módulos descritos en la presente memoria podrían implementarse como elementos electrónicos y/o circuitos separados que proporcionan recursos de procesamiento al pre-procesador 400.

A título de ejemplo, un módulo de análisis puede ser un módulo 430 de transformada rápida de Fourier (FFT). Dicho módulo puede ser utilizado para transformar señales de dominio de tiempo capturadas de uno o más detectores (p. ej., los detectores 140 de la FIG. 1 o los detectores 230 y 232 de la FIG. 2) en datos de dominio de frecuencia correspondientes para su análisis adicional. Por ejemplo, el pre-procesador 400 puede analizar dichas frecuencias con respecto a perfiles de frecuencia que pueden estar almacenados en la memoria 420 para una combinación de detector/motor determinada y su funcionamiento. A título de ejemplo adicional, las frecuencias respectivas (p. ej., de acelerómetros configurados para medir la aceleración de máquina de la carcasa de la máquina en una o más direcciones) pueden analizarse con respecto a umbrales predeterminados, por ejemplo, analizar si una frecuencia determinada está o no está dentro de un intervalo con un límite inferior y un límite superior para un evento determinado transformado a partir del dominio de tiempo. La FFT puede ser integral con la funcionalidad del pre-procesador y/o puede formar parte de un algoritmo de procesamiento separado.

Otro módulo que puede ser ejecutado a partir de la memoria 420 incluye un módulo estadístico 440. El mismo puede incluir sustancialmente cualquier tipo de procesamiento estadístico que puede ser aplicado en los datos de detector capturados o en los datos de detector después de ser procesados por uno o más módulos de análisis adicionales del pre-procesador. Por ejemplo, el módulo estadístico 440 puede ser programado para determinar valores de detector promedio con el tiempo. A título de ejemplo adicional, el módulo estadístico 440 puede determinar una o más probabilidades estadísticas para grupos de datos de diagnóstico y medir datos de detector dentro de un umbral predeterminado de una probabilidad calculada para una lectura y/o grupo de datos determinados. Tal como se ha

mencionado anteriormente, es posible utilizar clasificadores que están entrenados con respecto a las operaciones normales de la máquina. Dichos clasificadores permiten obtener una probabilidad prevista para cada entrada de detector analizada después de un entrenamiento suficiente. De forma alternativa, los clasificadores permiten obtener una probabilidad prevista para cada entrada de detector con un análisis mediante comparación con normas de componente del fabricante predeterminadas, características de diagnósticos publicadas de uno o más componentes o sobre la base de datos de funcionamiento normales de línea de base obtenidos y almacenados en la memoria para la máquina determinada. Si la tendencia a partir de las lecturas de diagnóstico empieza a desviarse con el tiempo, por ejemplo, si un clasificador determina que se ha cruzado un umbral estadístico, entonces es posible generar avisos y/o alarmas. Por ejemplo, los clasificadores también pueden ser entrenados para calcular probabilidades con respecto a un grupo de datos de detector agregados a partir de múltiples detectores.

Otro módulo en la memoria 420 incluye un módulo 450 de umbral. El módulo 450 de umbral puede estar configurado para almacenar valores predeterminados (p. ej., en respuesta a la entrada de un usuario, por ejemplo, almacenada en los datos 192 de programa) para definir uno o más umbrales funcionales para una lectura de detector determinada, un grupo de lecturas de detector plurales o umbrales para procesos de diagnóstico que pueden ser ejecutados mediante el pre-procesador 400 (p. ej., un ajuste de contador de umbral para el número de veces que puede suceder un evento de ruido antes de iniciar un aviso). Los umbrales pueden ser programados en respuesta a la entrada de un usuario y pueden variar dependiendo de la configuración de la máquina controlada. Los umbrales pueden representar tensiones, corrientes, contra-ajustes, lecturas de FFT, valores digitales, valores analógicos, valores estadísticos y otros. También es posible adaptar ajustes de intervalo en casos en que umbrales alto y bajo se ajustan para un valor determinado a efectos de definir uno o más intervalos. En otros ejemplos, sería posible implementar uno o más detectores como conmutadores que se activan cuando existe una correspondencia con los umbrales y el módulo 450 de umbral (u otras funciones ejecutadas en el pre-procesador 400) puede controlar la salida de conmutador para funcionar en respuesta a la activación de dicho conmutador.

En otro ejemplo, la memoria 420 puede incluir un módulo 460 de ajuste dinámico. El módulo 460 de ajuste dinámico puede utilizarse para modificar el muestreo de los detectores y/o cómo se responde a los eventos o estados de sistema de la máquina. Los ajustes pueden realizarse en los detectores o la tasa de muestreo, por ejemplo, sobre la base de señales de detector de máquina (p. ej., señales de detector sin procesar y/o datos procesados). A título de ejemplo, es posible que un evento de alta velocidad intermitente deba tener su tasa de muestreo para un detector determinado ajustada a una velocidad más alta a efectos de capturar adecuadamente la información asociada al evento. A título de ejemplo adicional, si se detecta un evento a una tasa de muestreo determinada, la tasa de muestreo puede aumentar para capturar detalles adicionales sobre el evento. Un parámetro más lento, tal como la temperatura, puede ser muestreado a una tasa más lenta, ya que la temperatura no cambia normalmente de manera rápida.

En otro ejemplo, el módulo 460 de ajuste dinámico puede ser programado para modificar una detección mediante detectores de máquina asociados en posiciones específicas o a ciertas velocidades de movimiento de la máquina. Por ejemplo, si se detecta un estado de máquina en una posición angular específica, la tasa de muestreo puede aumentar para un intervalo de posiciones angulares centradas alrededor de la posición en donde se detecta el evento (p. ej., sobre la base de análisis que indican que un parámetro muestreado determinado desde un detector está fuera de un intervalo normal). Es posible que un evento de este tipo sea una anomalía o solamente ocurra de manera infrecuente o en una posición del motor específica. Por ejemplo, es posible capturar una lectura de detector de acelerómetro y determinar que se corresponde con una vibración fuera de intervalo en un punto específico del movimiento de la máquina. En dicho punto (o puntos) es posible realizar ajustes dinámicos para muestrear el punto determinado con más o menos frecuencia dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, es posible determinar que el evento sucede simultáneamente con la adición o retirada conocida de una carga u otro estado que puede suceder en una posición determinada con el tiempo. Por lo tanto, el módulo 460 de ajuste dinámico puede ser programado para ajustar dinámicamente el umbral para un parámetro determinado en respuesta a la determinación de la ocurrencia de un evento relacionado con respecto a la posición especificada determinada. Los ajustes dinámicos pueden ser aplicados en tasas de muestreo para señales de detector, tasas de procesamiento de datos de detector, constantes de filtrado digital, ajustes de umbral, ajustes estadísticos, ajustes de parámetro de FFT y otros.

Otro módulo adicional que puede ejecutarse en la memoria 420 incluye un módulo 470 de mensajes. El módulo 470 de mensajes puede estar configurado para generar uno o más mensajes a efectos de suministrar una notificación que incluye información sobre un evento detectado. En algunos ejemplos, el mensaje puede seleccionarse de un grupo de códigos de mensaje preprogramados almacenados en la memoria con un significado predefinido (p. ej., exceso de umbral para un detector A de vibración). Además, es posible codificar información dinámica en un mensaje determinado que describe el evento detectado (p. ej., puede describir valores de parámetro para el evento detectado y los niveles de umbral). El mensaje puede ser suministrado localmente en el codificador o la máquina o junto a los mismos. Por ejemplo, es posible generar mensajes locales activando una luz o LED que indica un estado de funcionamiento de la máquina, tal como se describe haciendo referencia a la FIG. 5. De forma adicional o alternativa, es posible enviar mensajes remotos (p. ej., mediante un combinador) como parte de los datos de diagnóstico que se combinan con los datos de posición de codificador descritos en la presente memoria.

El pre-procesador 400 también puede incluir un módulo 480 de sincronización. El módulo 480 de sincronización está programado para sincronizar datos de detector recibidos y/o datos de detector procesados con la posición o

velocidad de codificador. Es posible programar posiciones para su sincronización con datos de diagnóstico en cualquier punto dentro de una revolución determinada del codificador, por ejemplo, sobre la base de la marca de referencia indicada en la señal de salida de codificador. La sincronización de los datos de diagnóstico de máquina también puede implementarse después de un número predeterminado de revoluciones del codificador y en algún otro punto en el movimiento general de la máquina. La posición o movimiento con que se sincronizan los datos de diagnóstico pueden programarse en respuesta a la entrada de un usuario o sobre la base de un evento determinado por otro módulo de análisis del pre-procesador 400, por ejemplo.

La FIG. 5 ilustra un sistema 500 para generar mensajes locales y/o remotos a partir de un módulo 510 de codificador que procesa datos de diagnóstico de máquina. En este ejemplo, un módulo 510 de codificador (p. ej., que se corresponde con el módulo 190 o 220) controla una máquina mediante unos detectores (no mostrados, aunque ver, p. ej., los detectores 140 de la FIG. 1 y los detectores 230 y 232 de la FIG. 2) montados en una máquina 520 y/o en el módulo de codificador. Si se determina que una lectura de detector o un diagnóstico de pre-procesador (p. ej., mediante un pre-procesador 254 de la FIG. 1 o el pre-procesador 400 de la FIG. 4) está fuera de un ajuste de umbral determinado, en un ejemplo, el módulo 510 de codificador puede activar una alarma local 530. Dicha alarma local 530 podría implementarse, por ejemplo, cambiando el color de una luz o un LED de un color a otro (p. ej., cambiando un LED de verde a amarillo o rojo dependiendo de la naturaleza de la alarma) o de desactivado a activado. De forma adicional o alternativa, la alarma local 530 también podría incluir un mensaje audible o un mensaje visual (p. ej., texto y/o gráficos) enviado a una pantalla local. En otro ejemplo, la alarma local 530 puede ser simplemente un color, tal como amarillo, que indica que sería necesario realizar mantenimiento rutinario en la máquina en el siguiente paro previsto de la fábrica en donde funciona la máquina.

Además de generar alarmas locales 530, el módulo 510 de codificador puede enviar datos de alarma para activar una o más alarmas remotas 580. Por ejemplo, el módulo de codificador puede incluir un combinador 532 configurado para combinar el mensaje de alarma, que se corresponde con los datos de diagnóstico de máquina, con los datos de posición/movimiento de codificador, tal como se describe en la presente memoria. Los datos combinados pueden ser suministrados en una trayectoria 540 que interconecta el módulo 510 de codificador y el sistema remoto. La trayectoria 540 puede extenderse una longitud que puede superar aproximadamente 30,48 metros (100 pies) o 304,8 metros (1000 pies), por ejemplo, e incluso hasta 0,8 km (½ milla) o más. Por ejemplo, la trayectoria 540 puede ser implementada mediante uno o más pares enrollados de cableado conductor eléctricamente protegido conectados en comunicación entre circuitería 542 y 544 de comunicación. Esta trayectoria 540 también puede consistir en uno o más transceptores de radio inalámbricos, transceptores de fibra óptica u otros sistemas de comunicación individuales, o en combinación con uno o más segmentos de cableado conductores eléctricamente. Tal como se ha mencionado, debido a que el mensaje remoto y otros datos de diagnóstico de máquina se combinan con los datos de codificador, no es necesario ningún cableado o sistema de transceptor adicional nuevo para suministrar los datos combinados en la trayectoria 540.

Los mensajes remotos pueden ser extraídos de la señal de datos combinados mediante un descombinador 550 implementado en el sistema remoto 560. El descombinador puede suministrar el mensaje remoto extraído a un módulo 552 de salida que puede generar una alarma remota 580. La alarma remota 580 puede ser generada incluyendo un sonido de aviso audible, una actualización de pantalla o una luz de aviso, por ejemplo. De forma adicional o alternativa, el mensaje remoto extraído puede ser suministrado a uno o más clientes remotos 586 mediante una red 582 que, por ejemplo, puede incluir una red de área local y/o una red de área amplia (p. ej., internet). Por ejemplo, el sistema remoto 560 puede incluir una interfaz 584 de red que permite la comunicación entre el sistema remoto 560 y la red 582. A título de ejemplo, un mensaje electrónico puede suministrar una indicación de activación de la alarma remota además de información de diagnóstico adicional al usuario remoto. El mensaje electrónico puede ser implementado usando una o más tecnologías de mensaje, por ejemplo, puede incluir un localizador, mensajes instantáneos, mensajes de texto, mensajes telefónicos de audio y/o mensajes de correo electrónico. El cliente remoto 586 también puede ser implementado como una interfaz de usuario gráfica (GUI) que el usuario puede utilizar para acceder a otras características o controles 590 implementados mediante el sistema remoto 560. Por ejemplo, la GUI puede comprender un tablero que muestra información de diagnóstico actual y/o histórica asociada a la máquina 520 sobre la base de información de diagnóstico suministrada en la señal combinada. La GUI también puede permitir al usuario acceder a controles 590 configurados para controlar el funcionamiento de la máquina 520 y/o del módulo 510 de codificador. A título de ejemplo, el cliente 586 puede ser programado para controlar el módulo 510 de codificador a efectos de ajustar el funcionamiento de uno o más detectores o la tasa de muestreo de las señales de detector, activar o desactivar uno o más detectores. En otro ejemplo, el usuario 586 puede cargar características de máquina nuevas o existentes, tales como un perfil de cojinete reacondicionado y los datos de frecuencia asociados. En otros ejemplos, el cliente remoto 586 puede controlar el funcionamiento del motor, por ejemplo, ajustando señales de control de motor. Dichos controles de motor y codificador pueden ser suministrados al módulo de codificador como datos de control mediante la misma trayectoria 540 de comunicaciones.

Los controles 590 también pueden estar configurados para suministrar señales de control de motor y/o velocidad a través de la trayectoria 540 de manera automatizada sobre la base de los datos de codificador extraídos de la señal combinada mediante el descombinador. Los controles 590 también pueden estar configurados para suministrar instrucciones de control de codificador en la trayectoria 540 para programar y controlar el funcionamiento del módulo 510 de codificador.

Teniendo en cuenta las características estructurales y funcionales descritas anteriormente, una metodología según diversos aspectos de la descripción resultará más comprensible haciendo referencia a la FIG. 6. Aunque, a efectos de simplicidad de la descripción, la metodología de la FIG. 6 se muestra y describe como una ejecución en serie, se entenderá y apreciará que el método no se limita al orden ilustrado, ya que algunos aspectos podrían suceder, según la descripción, en órdenes diferentes y/o simultáneamente con respecto a otros aspectos distintos a los mostrados y descritos en la presente memoria. Además, es posible que no todas las características ilustradas sean necesarias para implementar una metodología tal como se describe en la presente memoria.

La FIG. 6 ilustra un ejemplo de un método 600 para combinar datos de diagnóstico de máquina con datos de codificador de manera sincronizada con el movimiento o la posición de la máquina. El método puede ser implementado en cualquiera de los sistemas ilustrativos descritos en la presente memoria (p. ej., en las FIGS. 1-5). En 610 el método 600 incluye generar (p. ej., a través del codificador 110 de la FIG. 1 o el detector 280 de codificador de la FIG. 2) una señal de salida de codificador para una máquina (p. ej., un motor giratorio) indicativa de al menos el movimiento o la posición de la máquina. En 620 el método 600 incluye controlar la máquina a través de uno o más detectores (p. ej., los detectores 140 de la FIG. 1, los detectores 230 y/o 280 de la FIG. 2). Dichos detectores generan datos de diagnóstico de máquina de modo que pueden ser suministrados a través de señales analógicas o digitales. En 630 el método 600 incluye combinar (p. ej., mediante el combinador 130 de la FIG. 1 o el combinador 260 de la FIG. 2) la señal de salida de codificador con los datos de diagnóstico de máquina recibidos de al menos uno de los detectores en datos de diagnóstico de máquina de señal de salida en combinación en sincronización con al menos el movimiento o la posición de la máquina. Los datos de diagnóstico de máquina pueden ser datos procesados (p. ej., mediante el pre-procesador 150 de la FIG. 1 o el pre-procesador 254 de la FIG. 2), de modo que pueden incluir el procesamiento y/o análisis de señal descritos en la presente memoria. El método 600 puede incluir características adicionales descritas en la presente memoria. La señal combinada puede ser comunicada a una ubicación remota a través de una trayectoria de comunicaciones (p. ej., la trayectoria 330 o 340 de la FIG. 3).

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100), que comprende:
- un codificador (110) configurado para controlar una máquina (120) y generar una señal (124) de salida de codificador indicativa de al menos el movimiento o la posición de la máquina (120); y
- 5 un combinador (130) configurado para recibir la señal (124) de salida de codificador del codificador (110) y recibir datos (154) de diagnóstico de máquina sobre la base de datos (134) de detector de al menos un detector (140), caracterizado por que el combinador (130) está configurado para modular los datos (154) de diagnóstico de máquina con la señal de salida de codificador para suministrar una señal combinada (160) que incluye los datos (154) de diagnóstico de máquina sincronizados con al menos el movimiento o la posición de la máquina (120).
- 10 2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un pre-procesador configurado para analizar los datos de detector y generar datos de diagnóstico procesados sobre la base del análisis de los datos de detector del al menos un detector, sincronizándose los datos de diagnóstico procesados con al menos el movimiento o la posición de la máquina en la señal combinada.
- 15 3. Sistema según la reivindicación 2, en donde el pre-procesador está configurado para analizar los datos de diagnóstico de máquina con respecto a al menos un umbral de diagnóstico y para generar un mensaje si se supera el al menos un umbral de diagnóstico.
4. Sistema según la reivindicación 3, que comprende además una etapa de comunicación configurada para suministrar el mensaje a una alarma local en el codificador o junto al mismo o a una alarma remota, en donde el mensaje se combina con la señal de salida de codificador en la señal combinada y se transmite a un sistema remoto.
- 20 5. Sistema según la reivindicación 2, en donde el pre-procesador está configurado para realizar una transformada rápida de Fourier, FFT, para transformar datos de detector de dominio de tiempo, que se corresponden con los datos de detector del al menos un detector, en datos de dominio de frecuencia, que se combinan mediante el combinador con la señal de salida de codificador y se suministran a un sistema remoto sincronizado con la señal de salida de codificador.
- 25 6. Sistema según la reivindicación 5, en donde el pre-procesador está configurado para analizar los datos de dominio de frecuencia con respecto a un umbral y para suministrar los datos de diagnóstico procesados en la señal combinada sobre la base del análisis.
7. Sistema según la reivindicación 5, en donde el pre-procesador comprende además un módulo de ajuste dinámico configurado para ajustar una tasa de muestreo para el al menos un detector sobre la base de los datos de dominio de frecuencia determinados mediante la FFT.
- 30 8. Sistema según la reivindicación 2, en donde el pre-procesador comprende además un módulo de ajuste dinámico configurado para modificar un parámetro de funcionamiento para el al menos un detector sobre la base de análisis de los datos de detector de al menos un detector de máquina.
- 35 9. Sistema según la reivindicación 2, en donde el pre-procesador comprende además un módulo de ajuste dinámico configurado para modificar un parámetro de funcionamiento para el al menos un detector sobre la base de la posición o la velocidad de la máquina.
10. Sistema según la reivindicación 2, en donde el pre-procesador comprende además un módulo de ajuste dinámico configurado para ajustar un umbral de diagnóstico de máquina que se aplica en los datos de diagnóstico procesados para detectar un evento de máquina predeterminado.
- 40 11. Sistema según la reivindicación 10, en donde el módulo de ajuste dinámico está configurado para modificar el umbral de diagnóstico de máquina utilizado por el pre-procesador para analizar los datos de detector para el al menos un detector sobre la base de al menos análisis de datos de detector de al menos otro detector de máquina o la posición o la velocidad de la máquina indicada por la señal de salida de codificador.
- 45 12. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de comunicaciones configurada para transmitir la señal combinada a un sistema remoto en una trayectoria de comunicaciones existente entre el módulo de codificador y el sistema remoto.
13. Sistema según la reivindicación 12, en donde la trayectoria de comunicaciones existente incluye una trayectoria de comunicaciones principal para comunicar la señal de salida de codificador al sistema remoto y al menos otra trayectoria de comunicaciones,
- 50 en donde los datos de diagnóstico de máquina incluyen información de diagnóstico sobre la trayectoria principal, siendo transmitida la señal combinada al sistema remoto a través de la al menos otra trayectoria de

comunicaciones si la información de diagnóstico sobre la trayectoria principal indica que la calidad para la trayectoria de comunicaciones principal está por debajo de un umbral de calidad.

14. Método, que comprende:

- 5 generar una señal (124) de salida de codificador para una máquina (120) indicativa de al menos el movimiento o la posición de la máquina (120);
- controlar la máquina (120) a través de una o más señales (134) de detector y generar datos de diagnóstico de máquina que representan una característica de la máquina (120);
- procesar los datos de diagnóstico de máquina para generar datos (154) de diagnóstico procesados;
- caracterizado por que comprende además la etapa de
- 10 modular la señal (124) de salida de codificador con los datos (154) de diagnóstico procesados para suministrar una señal combinada (160) en donde los datos (154) de diagnóstico procesados se sincronizan con al menos el movimiento o la posición de la máquina (120).

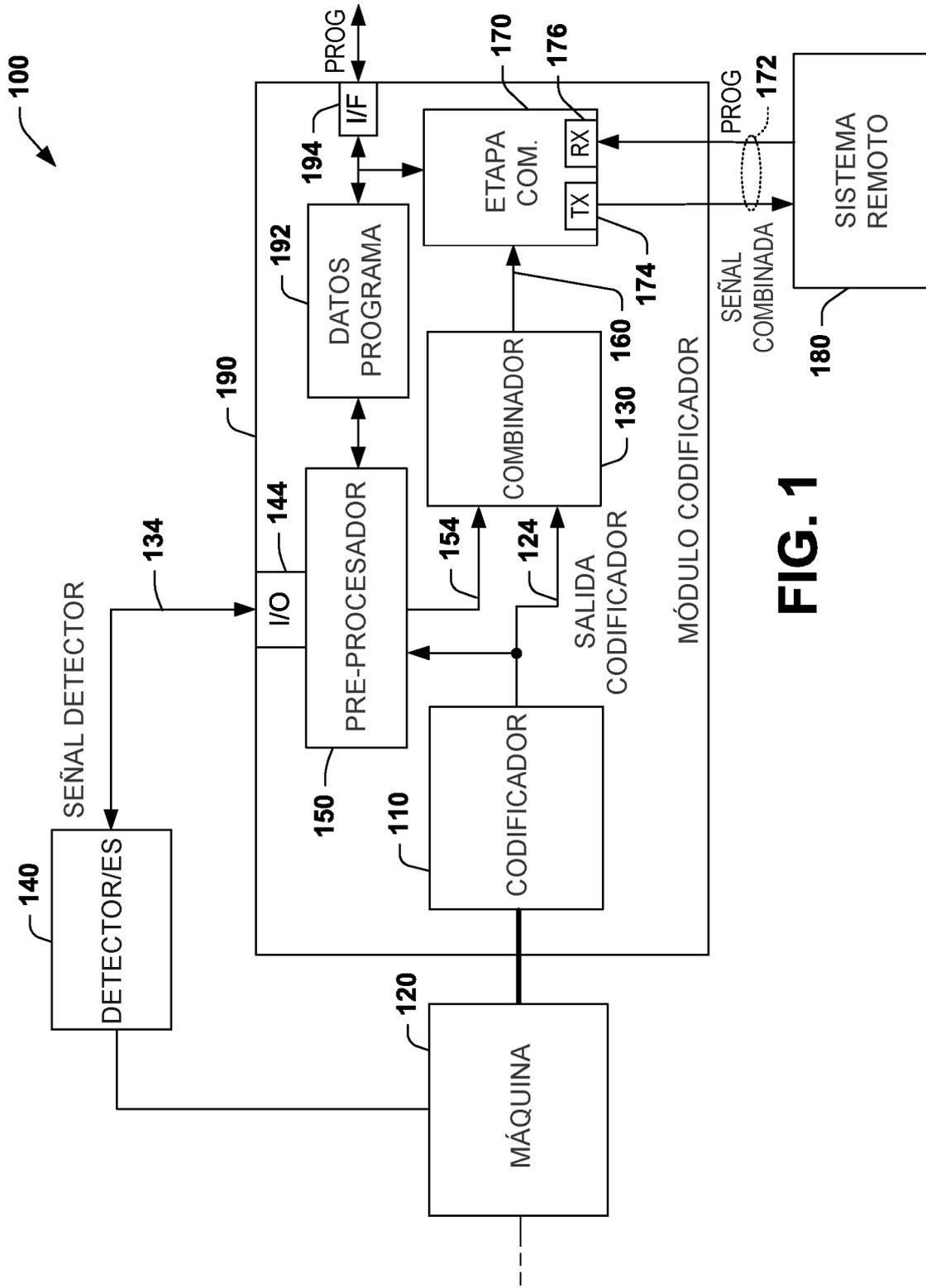


FIG. 1

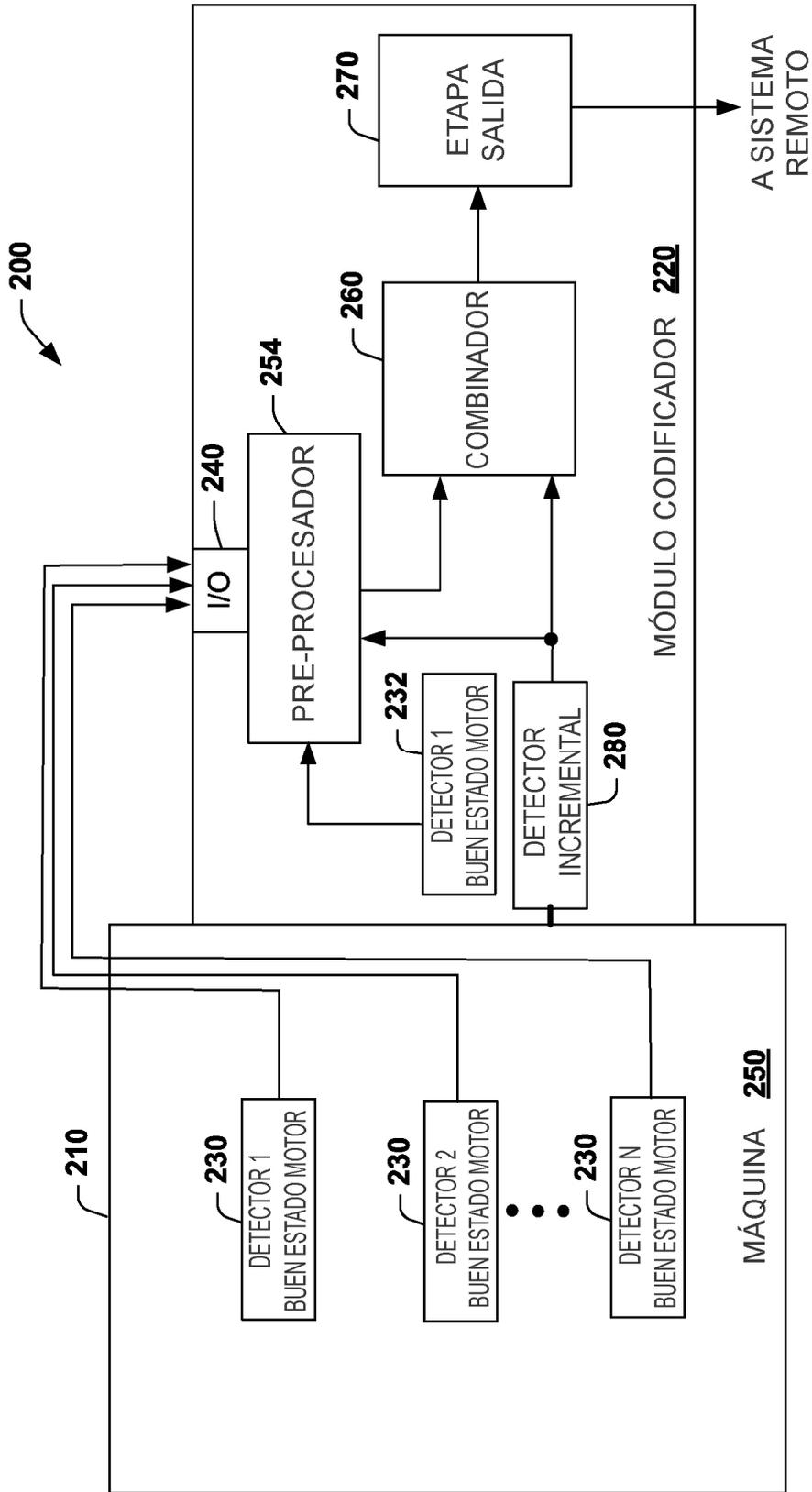


FIG. 2

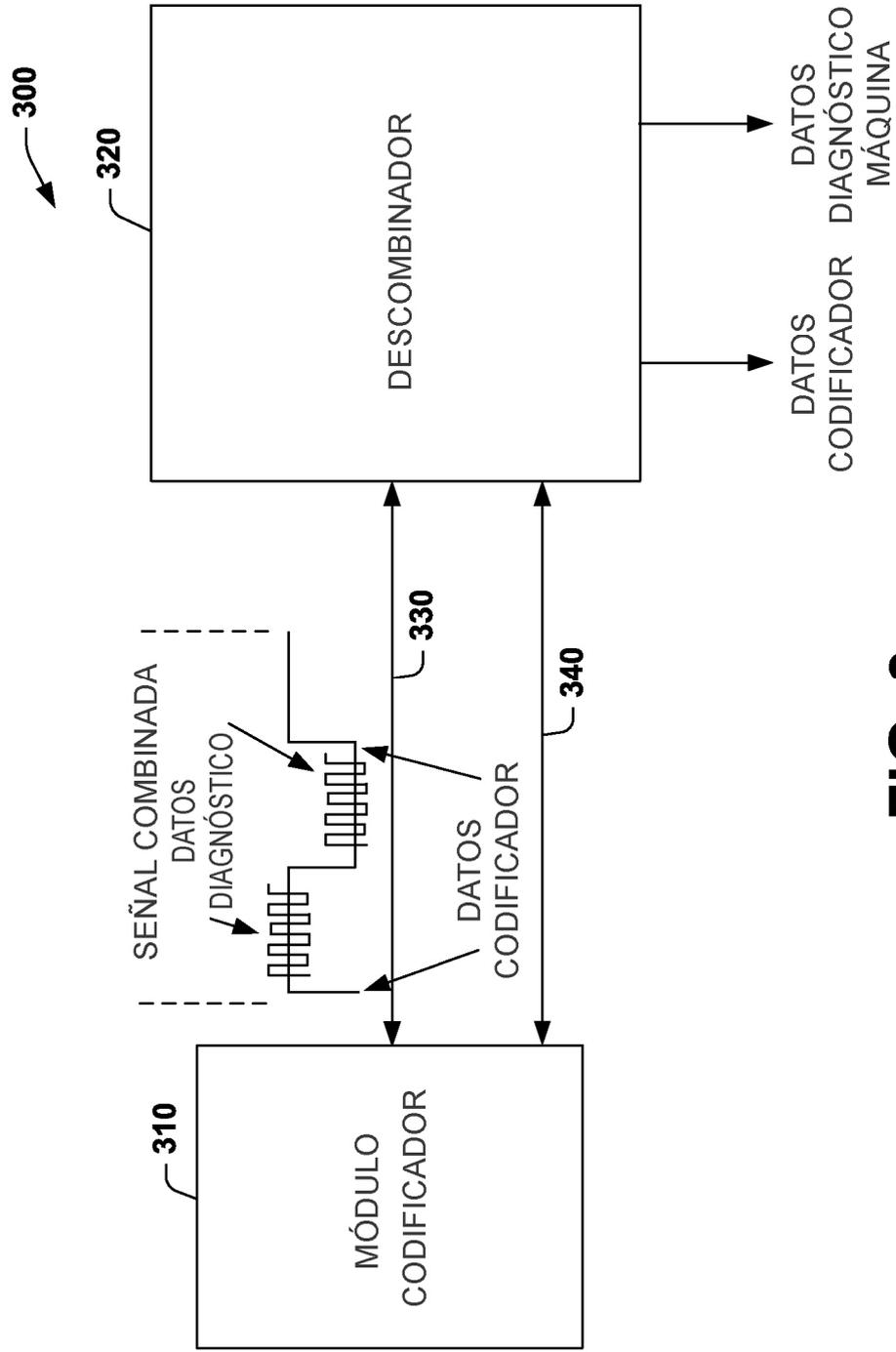


FIG. 3

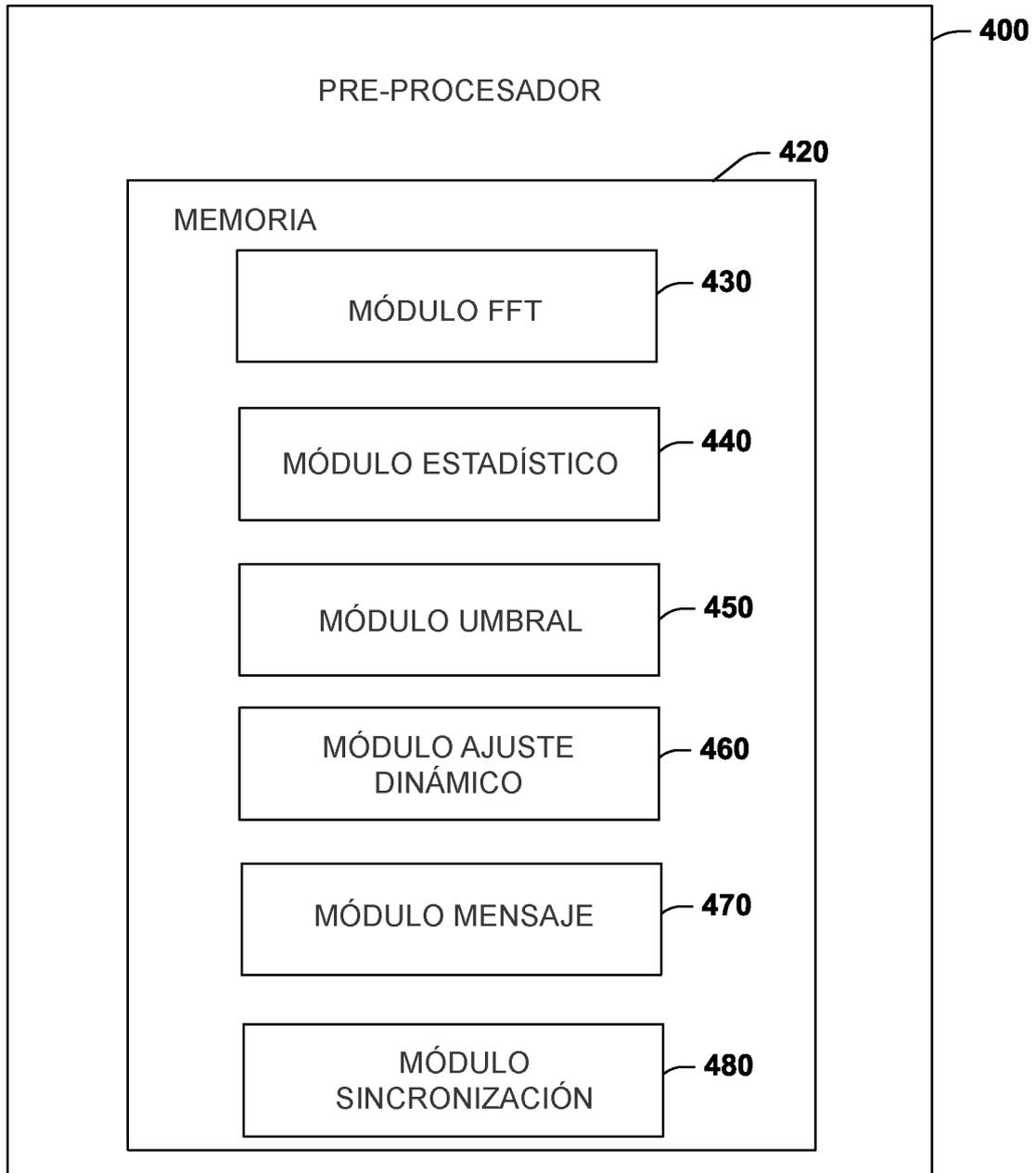


FIG. 4

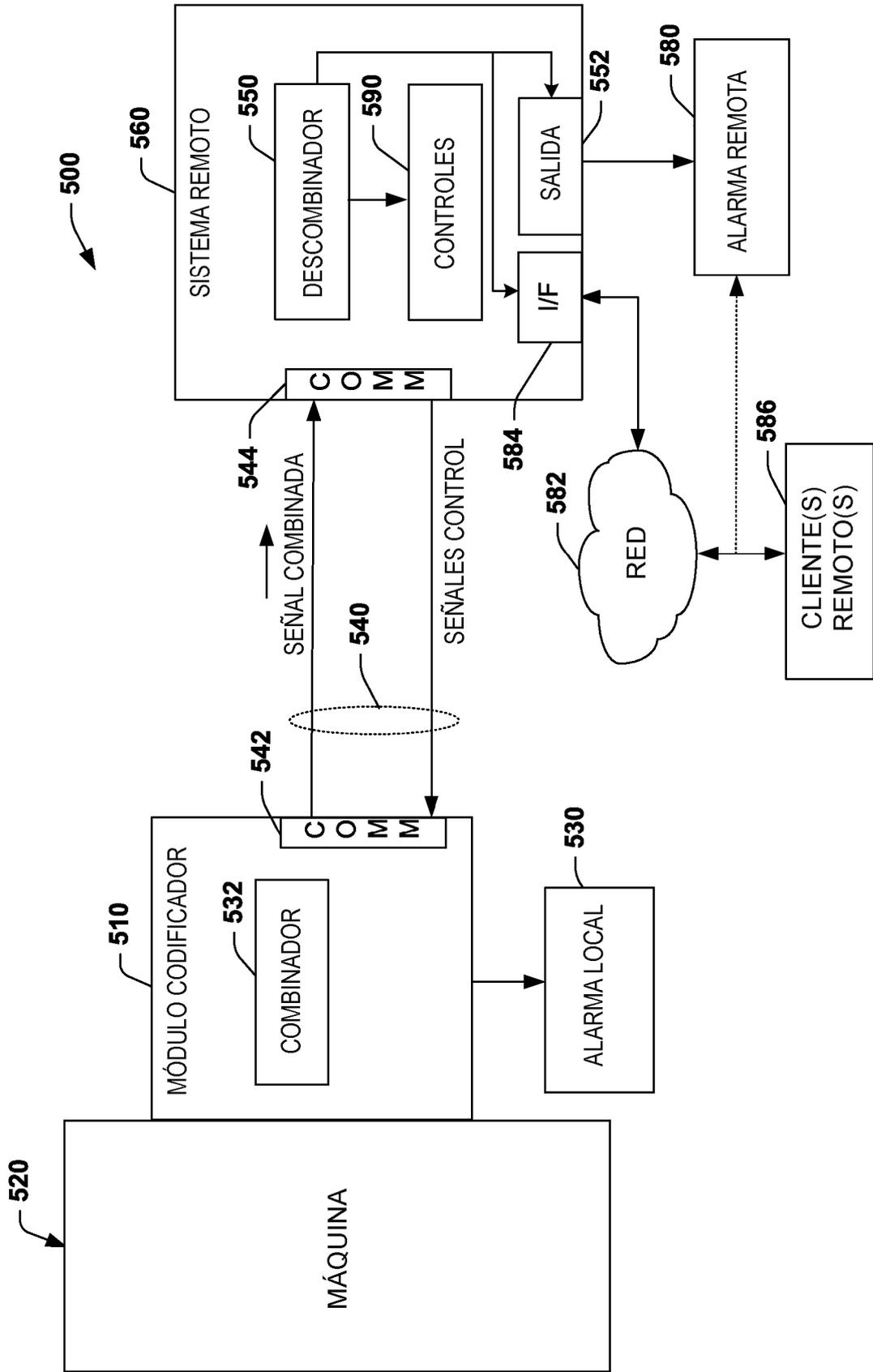


FIG. 5

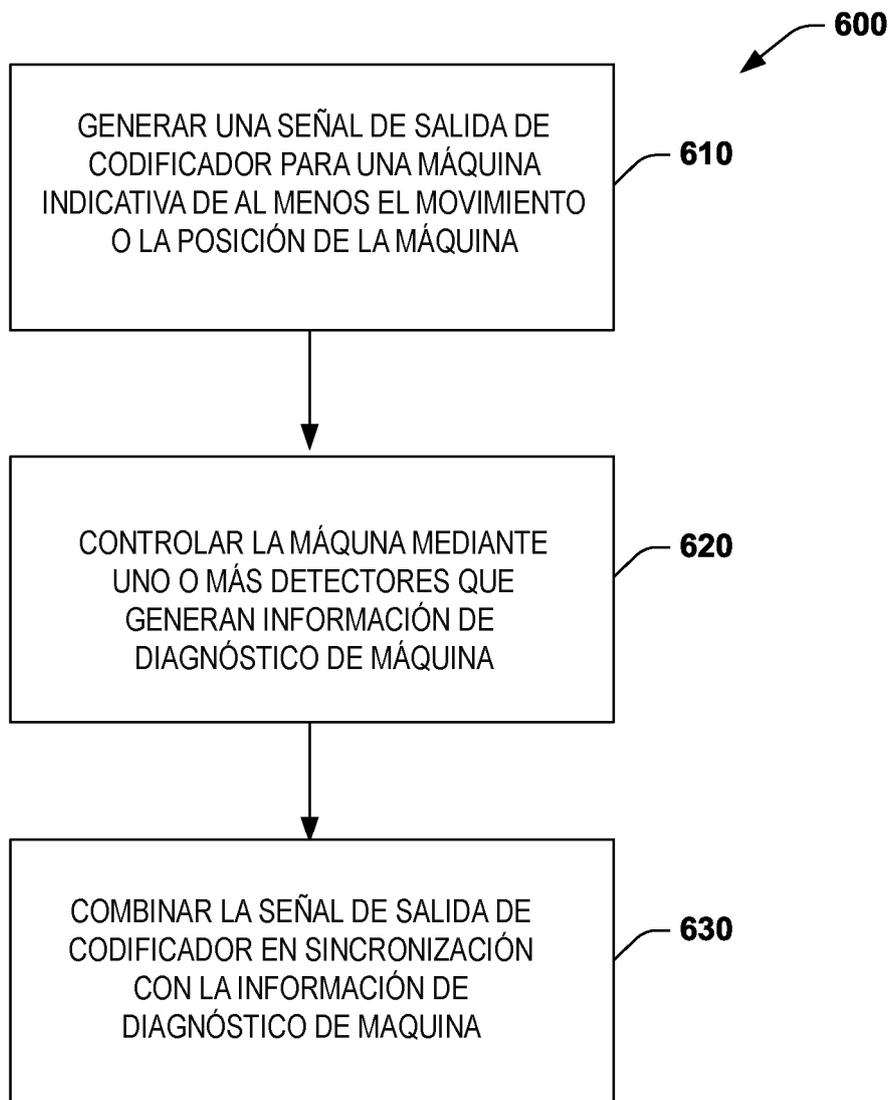


FIG. 6