

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 907 237**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2017 PCT/DK2017/050424**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18113876**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2017 E 17816423 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.02.2022 EP 3559455**

54 Título: **Medición de corrientes de transductores en un generador de aerogenerador**

30 Prioridad:

22.12.2016 DK PA201671034

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

22.04.2022

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**PÉTURSSON, KARL AXEL;
ANDERSEN, LARS ROHRMANN y
BENGTON, JOHN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 907 237 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

Medición de corrientes de transductores en un generador de aerogenerador

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método y aparato para medir corrientes de transductores en un generador de aerogenerador.

Antecedentes de la invención

Un aerogenerador típico comprende una torre fija que se encuentra en el suelo o en el lecho marino, y una góndola que descansa sobre la parte superior de la torre y lleva un eje de turbina, una caja de engranajes, un freno, un generador, un controlador de paso de pala que controla el ángulo de las palas de turbina y reguladores de guiñada que controlan la posición del aerogenerador con relación al viento. Las palas de turbina se montan en el eje de la turbina externamente de la góndola. Las palas de turbina hacen que el eje gire bajo la influencia del viento, que a su vez acciona el generador para generar energía eléctrica.

La operación general de un aerogenerador se controla por un sistema de control. El sistema de control comprende sensores para determinar el estado actual del equipo y la operación de la turbina, y el entorno local, un procesador para manejar las salidas de esos sensores, y actuadores para controlar la operación de la turbina. Se apreciará que los sensores y actuadores (transductores) pueden fallar por completo, llegar a estar defectuosos o, en general, degradarse con el tiempo. En la actualidad, si uno o más transductores fallan, el sistema de control en su conjunto puede generar una notificación de estado de avería, el generador de aerogenerador se apaga y un ingeniero se envía para identificar la avería y repararla. Un ejemplo de la técnica anterior se puede encontrar en el documento US20100138060.

Es en este contexto que se ha ideado la invención.

Compendio de la invención

En un primer aspecto, la invención proporciona un método de medición de corrientes de transductores en un sistema de control de generador de aerogenerador, el método que comprende:

- activar selectivamente un conjunto de uno o más transductores en un grupo de transductores;
- tomar una primera medición de la corriente a través del grupo de transductores;
- activar selectivamente un conjunto diferente de uno o más transductores en el grupo de transductores; y
- tomar una segunda medición de la corriente a través del grupo de transductores.

De esta forma, llega a ser posible un diagnóstico detallado de qué transductor en particular ha fallado. Desde una perspectiva de mantenimiento y reparación, esto significa que un ingeniero que visita el generador de aerogenerador para reparar una avería es consciente de la naturaleza de la avería y, por lo tanto, es capaz de llevar las piezas de repuesto y herramientas correctas para reparar el sistema de control.

Cada uno de los transductores puede ser o bien un sensor o bien un actuador. Se puede conectar un único dispositivo de medición de corriente al grupo de transductores.

El método puede comprender activar y luego desactivar cada uno de los transductores en el grupo individualmente por turnos de modo que solamente se active un único transductor en un momento, y medir la corriente a través del grupo a medida que se activa cada transductor.

Alternativamente, el método puede comprender activar un transductor seleccionado en el grupo mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados, y medir una diferencia en la medición de corriente asociada con la activación del transductor seleccionado.

Alternativamente, el método puede comprender desactivar un transductor seleccionado en el grupo mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados y medir una diferencia en la medición de corriente asociada con la desactivación del transductor seleccionado.

Se puede proporcionar energía eléctrica a los transductores a través de circuitería de conmutación, la circuitería de conmutación que comprende una salida a cada uno de los transductores. El dispositivo de medición de corriente se puede proporcionar en el lado de entrada de la circuitería de conmutación. En este caso, la activación selectiva de un transductor puede comprender encender la salida de la circuitería de conmutación que está conectada a ese transductor.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un aparato de diagnóstico para medir corrientes de transductores en un sistema de control de generador de aerogenerador, el aparato que comprende:

circuitería de conmutación, para activar y desactivar selectivamente transductores en un grupo de transductores; y

un dispositivo de medición de corriente, para medir la corriente a través del grupo de transductores; en donde

5 la circuitería de conmutación está configurada para activar selectivamente un primer conjunto de uno o más de los transductores en el grupo, tras lo cual el dispositivo de medición de corriente toma una primera medición de la corriente a través del grupo de transductores mientras que el primer conjunto de transductores está activado; y

10 la circuitería de conmutación está configurada además para activar selectivamente un segundo conjunto diferente de uno o más transductores en el grupo de transductores, tras lo cual el dispositivo de medición de corriente toma una segunda medición de la corriente a través del grupo de transductores mientras que se activa el segundo conjunto de transductores.

La circuitería de conmutación puede recibir energía eléctrica para operar los transductores, y comprende una salida a cada uno de los transductores, con el dispositivo de medición de corriente que se proporciona en el lado de entrada de la circuitería de conmutación. En este caso, la circuitería de conmutación activa selectivamente un transductor encendiendo la salida de la circuitería de conmutación que está conectada a ese transductor.

15 Se puede considerar que el dispositivo de medición de corriente y la circuitería de conmutación forman un primer grupo de diagnóstico de sensor, y el aparato puede comprender además uno o más grupos de diagnóstico de sensor adicionales, cada uno que comprende un dispositivo de medición de corriente y circuitería de conmutación para medir la corriente a través de los transductores de un grupo de transductores adicional.

20 Otros aspectos de la invención incluyen un sistema de control de aerogenerador que comprende el aparato de diagnóstico expuesto anteriormente, un generador de aerogenerador que comprende tal sistema de control de aerogenerador, y un producto de programa de ordenador que lleva un programa de ordenador para realizar el método anterior.

Generalmente, las presentes técnicas se aplican igualmente tanto a sensores como a actuadores como formas de transductor. Por consiguiente, estos términos se usan a menudo de manera intercambiable en la presente memoria.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un dibujo esquemático de un generador de aerogenerador;

La Figura 2 es un dibujo esquemático de un sistema de control y diagnóstico de sensor; y

La Figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de un método de medición de corriente.

Descripción detallada de realizaciones de la invención.

30 La Figura 1 muestra un aerogenerador 10 que comprende una torre 12 que soporta una góndola 14 en la que está montado un rotor 16. El rotor 16 comprende una pluralidad de palas de aerogenerador 18 que se extienden radialmente desde un buje central 20. En este ejemplo, el rotor 16 comprende tres palas 18. Como se ha tratado anteriormente, el paso (ángulo de ataque con respecto al viento) de las palas de aerogenerador 18 se puede ajustar mediante un controlador de paso de pala (no mostrado), mientras que la guiñada de la góndola 14 se puede ajustar mediante un regulador de guiñada (no mostrado) para enfrentarse de manera general hacia el viento. El rotor 16 está montado sobre un cojinete principal (no mostrado), que permite que el rotor gire libremente alrededor de su eje. Las palas de aerogenerador 18 se montan cada una en el rotor a través de cojinetes de pala (no mostrados), que permiten que la pala 18 gire alrededor de su eje longitudinal para ajustar su paso. Se entenderá que muchos de tales aerogeneradores se pueden instalar en un sitio o parque eólico que cubra un área de varios kilómetros cuadrados.

40 La operación general del aerogenerador 10 se controla por un sistema de control. Parte de tal sistema de control se muestra en la Figura 2.

En la Figura 2, se puede ver un ejemplo de sistema de control de generador de aerogenerador 100 que comprende los transductores 110a, 110b, 110c. Los transductores pueden ser sensores para determinar el estado actual del equipo y la operación de la turbina, y el entorno local, o actuadores para controlar la operación de la turbina. Se entenderá que en un sistema de control real se proporciona un gran número de transductores, mientras que en el ejemplo descrito nos referimos solamente a 3 transductores en aras de la simplicidad. El sistema de control 100 también comprende circuitería de conmutación 120 que sirve a dos propósitos. En primer lugar, la circuitería de conmutación 120 proporciona energía eléctrica a los transductores 110a, 110b, 110c. En segundo lugar, la circuitería de conmutación 120 es capaz de activar y desactivar selectivamente los transductores 110a, 110b, 110c con el fin de que se pueda realizar la presente técnica de medición de corriente. La circuitería de conmutación 120 en sí misma comprende dispositivos de conmutación de salida 120a, 120b y 120c, es decir, un dispositivo de conmutación de salida para cada transductor en el grupo. Más específicamente, el dispositivo de conmutación 120a es capaz de proporcionar selectivamente energía eléctrica al transductor 110a, el dispositivo de conmutación 120b es capaz de

proporcionar selectivamente energía eléctrica al transductor 110b y el dispositivo de conmutación 120c es capaz de proporcionar selectivamente energía eléctrica al transductor 110c. El sistema de control 100 también comprende un dispositivo de medición de corriente 130. En particular, se proporciona un único dispositivo de medición de corriente 130, a la entrada de la circuitería de conmutación 120, para todo el grupo de transductores 110a, 110b, 110c. En otras palabras, un único dispositivo de medición de corriente mide la corriente a través de todo el grupo de transductores, en lugar de que se proporcione un único dispositivo de medición de corriente para cada transductor. La presente técnica busca establecer el consumo de corriente de cada transductor individual (en un grupo de transductores) conectados al sistema de control en un generador de aerogenerador sin requerir un dispositivo de medición de corriente para cada transductor. Los grupos de transductores, por lo tanto, se dotan con una única medición de corriente y la capacidad de encender y apagar la salida de cada transductor individual (usando la circuitería de conmutación 120).

Se pueden usar entonces diversas estrategias de activación y desactivación de transductores para determinar la corriente a través de transductores individuales. Por ejemplo, cada uno de los transductores en el grupo se puede activar y luego desactivar individualmente por turnos, de modo que solamente se active un único transductor en un momento, con la corriente a través del grupo que se mide a medida que se activa cada transductor. En este caso, la corriente a través del grupo será la corriente a través del transductor seleccionado (dado que ningún otro transductor dentro del grupo está activo en el momento de la medición de corriente), permitiendo la medición directa de la corriente a través de ese transductor. En otro ejemplo, un transductor seleccionado en el grupo se puede activar mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados, con la corriente a través del grupo que se mide antes y después de la activación del transductor seleccionado. En este caso, se determina una diferencia en la medición de corriente asociada con la activación del transductor seleccionado, midiendo la corriente antes y después de la activación y comparando las dos mediciones de corriente. En otro ejemplo más, un transductor seleccionado en el grupo se puede desactivar mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados, con la corriente a través del grupo que se mide antes y después de la desactivación del transductor seleccionado. En este caso, se determina una diferencia en la medición de corriente asociada con la desactivación del transductor seleccionado, midiendo la corriente antes y después de la desactivación y comparando las dos mediciones de corriente. En estos dos últimos ejemplos se apreciará que la corriente a través del transductor seleccionado será la diferencia entre las mediciones de corriente hechas antes y después de la activación/desactivación.

Con referencia a la Figura 3, se ilustra un ejemplo de estrategia de medición de corriente por medio de un diagrama de flujo. En un paso S1, se selecciona y activa un primer conjunto de transductores en un grupo de transductores. En un paso S2, se mide la corriente A a través de todo el grupo de transductores (que en la práctica será solamente a través de aquellos transductores seleccionados y activados en el paso S1). Luego, en un paso S3, se selecciona y activa un segundo conjunto de transductores. El segundo conjunto será diferente del primer conjunto y puede incluir o no algunos de los mismos transductores. Normalmente, uno del primer y segundo conjuntos incluirá todos los transductores del otro del primer y segundo conjuntos. Por ejemplo, con referencia a la Figura 2, el primer conjunto puede consistir en los transductores 110a y 110b, mientras que el segundo conjunto puede consistir en los transductores 110a, 110b y 110c. En un paso S4, se mide de nuevo una corriente B a través de todo el grupo de transductores (que en la práctica será solamente a través de aquellos transductores seleccionados y activados en el paso S3). En el paso S5, se comparan la corriente A medida en el paso S2 y la corriente B medida en el paso S4. Se puede determinar la diferencia A-B o B-A, esta diferencia que representa la corriente a través de un transductor particular o un subconjunto de transductores. Volviendo al ejemplo donde el primer conjunto de transductores consiste en los transductores 110a y 110b y el segundo conjunto de transductores consiste en los transductores 110a, 110b y 110c, la diferencia entre la corriente A y la corriente B representará la corriente que fluye a través del transductor 110c (dado que los otros transductores son comunes a ambos conjuntos de transductores).

En un paso S6 se determina si se identifica una avería. Se puede identificar una avería por ejemplo donde la corriente inferida no está a un nivel esperado para el transductor bajo prueba (por ejemplo, si se detecta una sobrecorriente o si no se detecta corriente). Si se identifica una avería, entonces se puede generar una alerta de avería en un paso S7, tras lo cual el proceso evalúa la corriente a través de otro transductor seleccionando diferentes pasos de transductores en un paso S8. Si no se identifica ninguna avería en el paso S6, entonces el proceso simplemente avanza directamente al paso S8. Se apreciará que, en el paso S8, se puede cambiar o bien cualquiera o bien ambos del primer y segundo conjuntos de transductores.

Se apreciará a partir de lo anterior que para establecer el consumo de corriente de cada transductor individual conectado a un sistema de control en un generador de aerogenerador, se proporciona una nueva estrategia de medición de corriente. Los grupos de salidas a los transductores tienen una única medición de corriente y la capacidad de encender y apagar la salida a cada transductor individual. Encendiendo los transductores uno a la vez, y apagarlos de nuevo después de cada medición para permitir medir la corriente al siguiente transductor, la corriente se puede medir en cada transductor individual, asegurando una imagen más completa del consumo de corriente del transductor. La estrategia también puede ser encender las salidas una después de otra, y calcular la diferencia en el consumo de corriente a medida que se encienden las salidas de potencia.

Se apreciará que esta técnica se puede usar de manera rutinaria o se puede usar en respuesta a un estado de avería para identificar la naturaleza y ubicación de la avería. Por ejemplo, con todos los transductores activos (la

situación normal para un generador de aerogenerador en operación), la corriente a través del grupo de transductores (con todos activos) se puede medir de manera continua. Solamente en el caso de que esta corriente medida se desvíe de un intervalo permisible, o en el caso de que un estado de avería se identifique de otra forma, se implementará una (o más) de las estrategias de activación/desactivación selectivas anteriores con el fin de identificar cuál de los transductores está averiado. Por ejemplo, si el sistema de control identifica que hay una avería con un transductor (a ser identificado), un sensor a la vez se podría apagar y el cambio en la corriente identificada (apagando secuencialmente todos los sensores) al menos hasta que se identifique el sensor defectuoso. Un caso de uso para esta función sería identificar un sensor que extrae una corriente inusualmente alta o baja excluyendo secuencialmente todos los sensores activos hasta que se identifique el sensor defectuoso. Se apreciará que el escenario normal en un generador de aerogenerador es que todos los sensores se alimenten durante la operación de la turbina. Debido a esto, la desactivación secuencial puede ser una forma más práctica de identificar un sensor defectuoso.

Hay una serie de formas de explotar la capacidad de medición de corriente, varias de las cuales se resumen a continuación:

1) Si la línea de fuente de alimentación a un sensor se cortocircuita a tierra, por ejemplo debido a una avería en el cable, la salida del sistema de control que proporciona esa energía experimentará una sobrecorriente. Esto puede hacer que el grupo de salidas de la fuente de alimentación del sensor asociado con una medición de corriente común se apague debido a una sobrecorriente. En este caso el procedimiento para identificar el sensor averiado podría ser apagar inicialmente todas las salidas en ese grupo y luego reactivar (encender) un sensor a la vez hasta que se detecte sobrecorriente. En este punto, si el generador de aerogenerador es capaz de operar de manera segura sin el sensor averiado, sería posible aislar ese sensor apagando el regulador de salida para esa fuente de alimentación del sensor en particular y, posteriormente, continuar con la operación del aerogenerador. Se puede enviar entonces a un ingeniero para reparar el sensor defectuoso sin necesidad de que se desactive el generador de aerogenerador mientras tanto.

2) Si un sensor no funciona correctamente, por ejemplo, no proporciona señal, puede ser causado por un cable de la fuente de alimentación del sensor roto al sensor o por un sensor defectuoso. En este caso, se puede verificar si la salida de la fuente de alimentación del sistema de control es alta (mediante la señal de realimentación de salida) y, si es así, la salida de la fuente de alimentación del sensor se puede apagar y medir el cambio en el consumo de corriente. Si la acción no causa ningún cambio en la corriente de salida (para el grupo de sensores), entonces es probable que la salida de la fuente de alimentación del sensor haya perdido su conexión con el sensor o el sensor en sí mismo sea defectuoso (dado que, de otro modo, el sensor consumiría un nivel esperado de corriente).

3) En el escenario 2 anterior, puede ser posible utilizar una medición de corriente de "carga abierta" para verificar si la conexión del cable está rota. La corriente de prueba para "carga abierta" es muy baja (intervalo de 100µA). Es probable que un sensor, incluso si es defectuoso, tenga un consumo de corriente pequeño. La combinación de la capacidad de apagar la salida de la fuente de alimentación del sensor y la capacidad de detectar una "carga abierta" en este estado pueden ser útiles, por lo tanto, en la distinción entre una avería del cable y un sensor defectuoso.

Se apreciará que la presente técnica incluye cualquier combinación de potencia de giro en transductores en el generador de aerogenerador, para permitir la medición del consumo de corriente en cada transductor individual. El método proporciona medición de corriente en un canal a muchos transductores.

Si bien se han mostrado y descrito realizaciones de la invención, se entenderá que tales realizaciones se describen a modo de ejemplo solamente y se apreciará que las características de diferentes realizaciones se pueden combinar unas con otras. Numerosas variaciones, cambios y sustituciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de medición de corrientes de transductores en un sistema de control de generador de aerogenerador, el método que comprende:

 activar selectivamente un conjunto de uno o más transductores en un grupo de transductores;

5 tomar una primera medición de la corriente a través del grupo de transductores;

 activar selectivamente un conjunto diferente de uno o más transductores en el grupo de transductores; y

 tomar una segunda medición de la corriente a través del grupo de transductores.
2. Un método según la reivindicación 1, en donde cada uno de los transductores es o bien un sensor o bien un actuador.
- 10 3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde un único dispositivo de medición de corriente se conecta al grupo de transductores.
4. Un método según la reivindicación 3, que comprende activar y luego desactivar cada uno de los transductores en el grupo individualmente por turno de modo que solamente un único transductor se active a la vez, y medir la corriente a través del grupo a medida que se activa cada transductor.
- 15 5. Un método según la reivindicación 3, que comprende activar un transductor seleccionado en el grupo mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados, y medir una diferencia en la medición de corriente asociada con la activación del transductor seleccionado.
6. Un método según la reivindicación 3, que comprende desactivar un transductor seleccionado en el grupo mientras que se mantienen activos los transductores previamente activados, y medir una diferencia en la medición de corriente asociada con la desactivación del transductor seleccionado.
- 20 7. Un método según la reivindicación 3, en donde se proporciona energía eléctrica a los transductores a través de circuitería de conmutación, la circuitería de conmutación que comprende una salida a cada uno de los transductores, el dispositivo de medición de corriente que se proporciona en el lado de entrada de la circuitería de conmutación, y en donde activar selectivamente un transductor comprende encender la salida de la circuitería de conmutación que está conectada a ese transductor.
- 25 8. Un aparato de diagnóstico para medir las corrientes de transductores en un sistema de control de generador de aerogenerador, el aparato que comprende:

 circuitería de conmutación, para activar y desactivar selectivamente transductores en un grupo de transductores;
 y

30 un dispositivo de medición de corriente, para medir la corriente a través del grupo de transductores; en donde

 la circuitería de conmutación está configurada para activar selectivamente un primer conjunto de uno o más de los transductores en el grupo, tras lo cual el dispositivo de medición de corriente toma una primera medición de la corriente a través del grupo de transductores mientras que se activa el primer conjunto de transductores; y

 la circuitería de conmutación está configurada además para activar selectivamente un segundo conjunto
35 diferente de uno o más transductores en el grupo de transductores, tras lo cual el dispositivo de medición de corriente toma una segunda medición de la corriente a través del grupo de transductores mientras que se activa el segundo conjunto de transductores.
9. Un aparato de diagnóstico según la reivindicación 8, en donde la circuitería de conmutación recibe energía eléctrica para operar los transductores, y comprende una salida a cada uno de los transductores, el dispositivo de medición de corriente que se proporciona en el lado de entrada de la circuitería de conmutación, y en donde la circuitería de conmutación activa selectivamente un transductor encendiendo la salida de la circuitería de conmutación que está conectada a ese transductor.
- 40 10. Un aparato de diagnóstico según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en donde el dispositivo de medición de corriente y la circuitería de conmutación forman un primer grupo de diagnóstico de sensor, y en donde el aparato comprende además uno o más grupos de diagnóstico de sensor adicionales, cada uno que comprende un dispositivo de medición de corriente y circuitería de conmutación para medir la corriente a través de los transductores de un grupo de transductores adicional.
- 45 11. Un sistema de control de aerogenerador que comprende el aparato de diagnóstico de cualquiera de las reivindicaciones 8, 9 o 10.

12. Un generador de aerogenerador que comprende un sistema de control de aerogenerador según la reivindicación 11.

13. Un producto de programa de ordenador que lleva un programa de ordenador que, cuando se ejecuta en un aparato de procesamiento de datos, hará que el aparato de procesamiento de datos realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

5

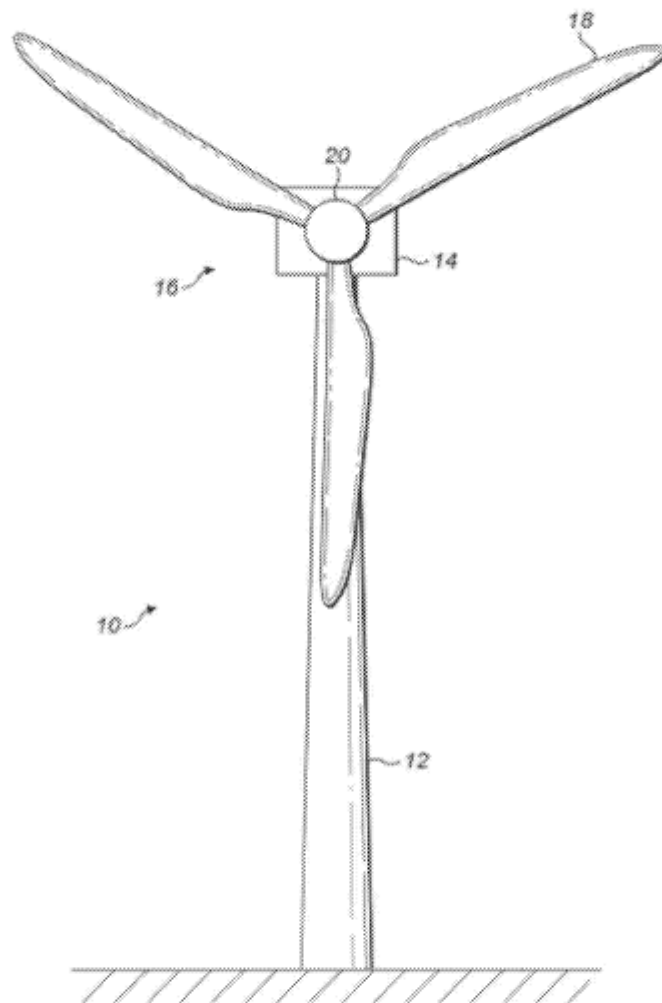


FIG. 1

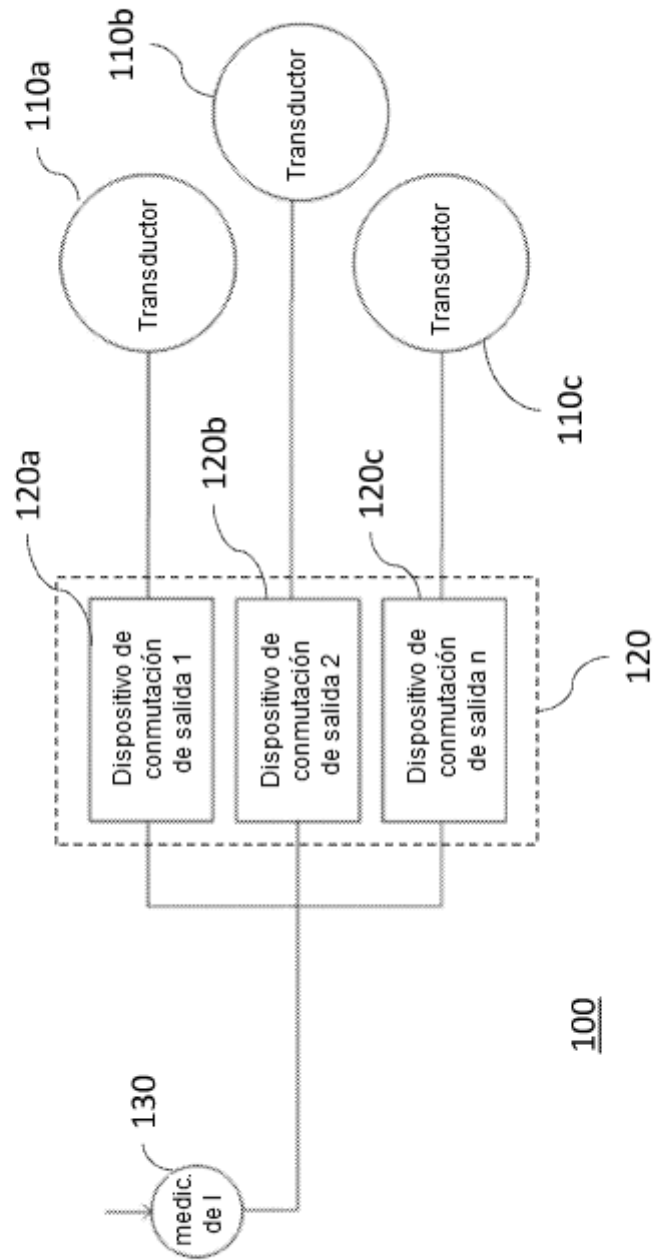


FIG 2

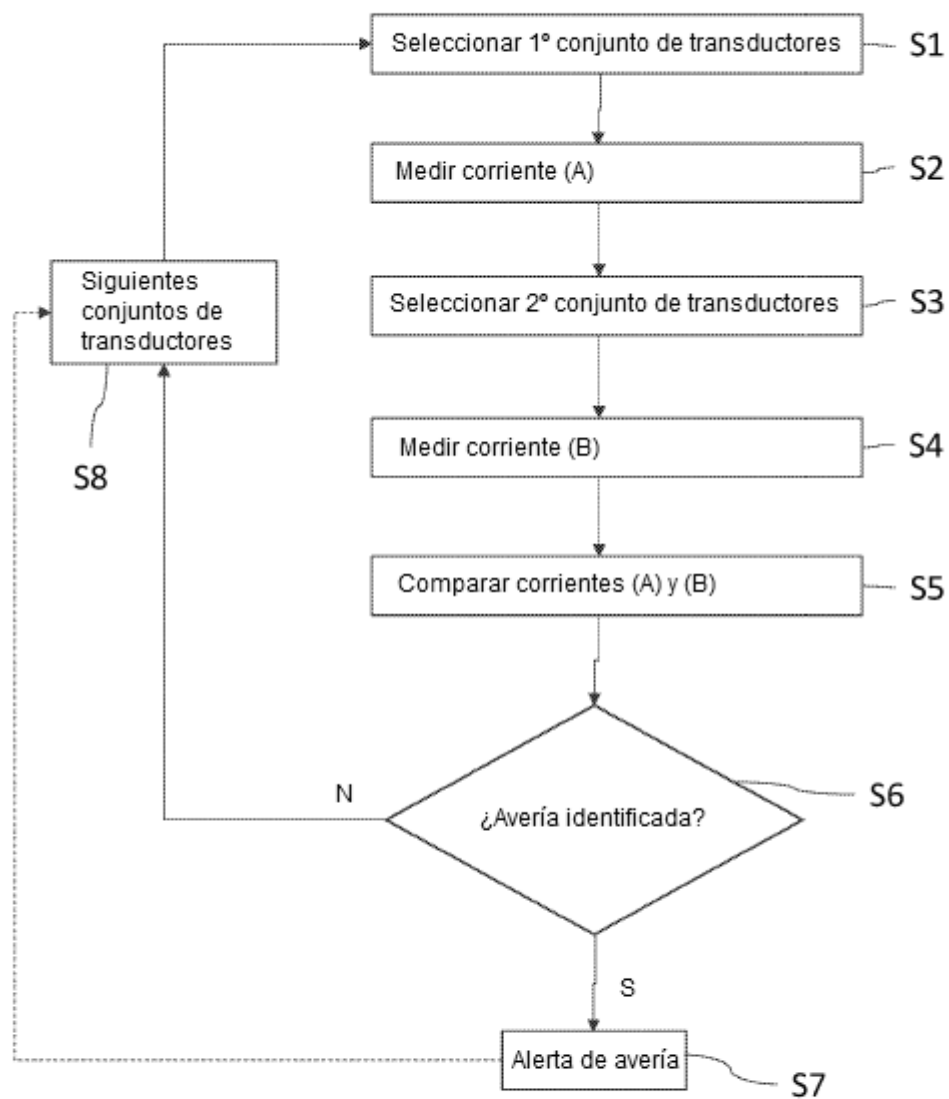


FIG 3