

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 577**

51 Int. Cl.:

H04B 10/11 (2013.01)

H04B 10/80 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2018 PCT/FR2018/051646**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2019 WO19008263**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2018 E 18749458 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2024 EP 3649750**

54 Título: **Sistema de comunicación óptica inalámbrica entre un elemento giratorio y un elemento fijo**

30 Prioridad:

03.07.2017 FR 1756256

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

16.10.2024

73 Titular/es:

MERSEN FRANCE AMIENS SAS (50.0%)

10 avenue Roger Dumoulin

80080 Amiens, FR y

UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE

(50.0%)

72 Inventor/es:

BOUANBA, YACINE;

RAMLALL, RADJY;

DUBOIS, JÉRÔME;

LORTHOIS, AURÉLIEN y

BOURNY, VALÉRY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 982 577 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de comunicación óptica inalámbrica entre un elemento giratorio y un elemento fijo

- 5 La invención se refiere a la transferencia de datos entre un elemento giratorio y un elemento fijo. Un sistema de transferencia de datos, comúnmente llamado "junta giratoria eléctrica" o "slip ring" en inglés, asegura la transmisión de señales eléctricas entre un elemento giratorio y un elemento fijo de este sistema.
- 10 Convencionalmente, un contacto deslizante permite asegurar la transmisión de señales eléctricas entre el elemento giratorio y el elemento fijo, sin conversión de las señales eléctricas. Un dispositivo de transmisión puede comprender, por ejemplo, uno o más anillos colectores y uno o más elementos de contacto respectivos, a menudo designados con el término "frotador": por ejemplo escobillas, hilos, fibras u otros, dispuestos de manera que rocen contra el o los anillos colectores.
- 15 Una junta giratoria eléctrica puede permitir, por ejemplo, la transferencia de datos de medición procedentes de sensores solidarios del elemento giratorio, hacia un procesador solidario de la parte fija, y/o instrucciones procedentes de un procesador solidario de la parte fija y destinadas a un actuador solidario de la parte giratoria.
- 20 La invención puede encontrar aplicación, por ejemplo, en las comunicaciones entre un elemento solidario de un eje de aerogenerador y un elemento solidario de una góndola. La invención no se limita en modo alguno a esta aplicación: por ejemplo, la invención puede encontrar una aplicación en la aeronáutica, en el sector aeroespacial, la robótica, la producción de electricidad y la industria en general.
- 25 En el caso de un aerogenerador, la transferencia de datos puede tener lugar en particular entre sensores instalados en una parte móvil de la góndola, por ejemplo el morro de la góndola del aerogenerador, y un supervisor que comprende al menos un procesador en la góndola o en tierra. Por ejemplo, se pueden transmitir datos de mediciones procedentes de sensores, por ejemplo valores de orientación de las palas, valores representativos de sus vibraciones, valores que indican un estado de carga de batería, u otros, a través de un conjunto de anillos hacia el procesador y, a la inversa, se pueden transferir datos de mando procedentes del procesador, por ejemplo mensajes para imponer un
- 30 ángulo de giro de las palas, u otros, también a través del conjunto de anillos.
- El documento WO 2015/079176 describe un sistema de transferencia de datos sin contacto, es decir, que integra medios de transmisión por radiofrecuencia. Este sistema es relativamente poco restrictivo en términos de
- 35 mantenimiento.
- Se contempla utilizar un sistema de comunicación óptica inalámbrica, u OWC (por "Optical Wireless Communications" en inglés) para reducir el tiempo de transferencia de los datos entre los sensores o actuadores de la parte giratoria y el dispositivo de supervisión de la parte fija. Sin embargo, las comunicaciones corren el riesgo de verse afectadas por el entorno, en particular por las vibraciones que pueden provocar una pérdida de alineación entre emisor y receptor
- 40 ópticos, perturbando así el camino óptico, el flujo luminoso de la transferencia de datos.
- Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema de transferencia de datos que implique comunicación óptica inalámbrica entre un elemento fijo y un elemento giratorio que sea más robusto y más fiable.
- 45 El documento WO 2005/107686 A1 divulga un sistema de transferencia de datos mediante comunicación óptica inalámbrica entre una parte giratoria y una parte fija.
- Se propone un sistema de transferencia de datos de al menos un canal entre un elemento giratorio y un elemento fijo mediante comunicación óptica inalámbrica según la reivindicación 1.
- 50 El juego giratorio puede comprender la pluralidad de emisores o receptores ópticos dispuestos en anillo, por ejemplo montados directamente sobre el elemento giratorio, o incluso sobre un soporte anular (en una o más partes) que a su vez recibe el elemento giratorio y solidarizado a este elemento giratorio.
- 55 El soporte anular puede comprender, por ejemplo, dos o más soportes en arco de círculo, permitiendo así un montaje más fácil sobre el elemento giratorio.
- Alternativamente, los emisores o receptores dispuestos en anillo pueden ser fijos con respecto al elemento giratorio. Se podrá prever, por ejemplo, montar estos emisores o receptores sobre un soporte en forma de anillo con un diámetro superior a las dimensiones de una sección del elemento giratorio en un plano normal al eje de giro, rodeando el elemento giratorio, pero fijo. Los emisores o receptores están montados sobre este soporte de manera que sus conos de emisión/recepción estén orientados hacia el elemento giratorio.
- 60 El o los receptores o emisores giratorios pueden estar montados sobre el elemento giratorio frente a este elemento en forma de anillo.
- 65

Se puede prever un único canal o varios canales, en particular varios canales ascendentes y varios canales descendentes.

5 Se puede prever un pequeño número, por ejemplo, solo uno, dos o cinco, de receptores o emisores en el otro entre el juego fijo y el juego rotativo, en cuyo caso ese otro juego puede tener un carácter relativamente puntual (en el sentido de limitado espacialmente), o bien más. Ese otro juego puede comprender, por ejemplo, varios receptores o emisores, distribuidos en arco de círculo, por ejemplo para ocupar un rango angular entre 1° y 270°, por ejemplo entre 1° y 30°, ventajosamente entre 1° y 15°, o incluso entre 30° y 270°, por ejemplo 5°, 10°, 25°, 90° o 125°, o en anillo (en una o más partes). En este último caso, el sistema puede comprender un par de anillos concéntricos.

10 Los juegos fijos y giratorios se establecen de modo que, cualquiera que sea la posición angular del elemento giratorio, en su caso:

- 15 - dicho al menos un receptor óptico del otro entre el juego giratorio y el juego fijo reciba señales ópticas emitidas por al menos un emisor de dicha pluralidad de emisores ópticos distribuidos en anillo, o
- al menos un receptor de dicha pluralidad de receptores ópticos distribuidos en anillo reciba señales ópticas emitidas por al menos un emisor óptico del otro entre el juego giratorio y el juego fijo.

20 Ventajosamente, el sistema puede comprender además medios de procesamiento en comunicación con dicho al menos un emisor del juego giratorio o del juego fijo, en su caso.

25 Estos medios de procesamiento pueden establecerse ventajosamente para generar una señal eléctrica independientemente de la posición angular del elemento giratorio y para transmitir dicha señal eléctrica hacia dicho al menos un emisor de modo que, si hay más de un emisor en ese juego, estos emisores emitan simultáneamente la misma señal óptica.

Así, esta disposición en anillo puede permitir garantizar las transmisiones pese a posibles vibraciones del elemento giratorio.

30 Además, no es necesario tener en cuenta la posición angular del elemento giratorio a la hora de generar flujos que vayan a transmitirse, lo que puede resultar especialmente interesante en las aplicaciones en donde esta posición es difícil de predecir, como los aerogeneradores. De este modo, podemos prever una comunicación con una velocidad de datos relativamente alta.

35 La disposición de los emisores y los receptores se puede determinar basándose en las leyes geométricas de la óptica y teniendo en cuenta las características de los emisores, de los receptores y el espacio que ocupan.

40 Para elegir el número de emisores o receptores ópticos, se podrá tener en cuenta la forma de los conos de emisión y de recepción, la sensibilidad de los receptores, el número y disposición de los emisores o receptores del otro entre el juego fijo y el juego giratorio, y determinar un número de emisores o de receptores para la pluralidad de emisores o receptores dispuestos en anillo suficientemente alto para que una disposición regular en anillo de estos emisores o receptores asegure una transferencia de señal óptica, cualquiera que sea la posición angular del elemento giratorio.

45 En el caso de emisores en anillo, las emisiones son omnidireccionales y relativamente sencillas de dirigir. Los medios de procesamiento pueden establecerse para transmitir hacia todos los emisores de dicha pluralidad de emisores ópticos distribuidos en anillo una misma señal eléctrica para que estos emisores transmitan simultáneamente una misma señal óptica independientemente de la posición angular del elemento giratorio.

50 En el caso de receptores dispuestos en anillo, las emisiones no tienen en cuenta la posición angular del elemento giratorio, y se puede prever un procesamiento, por ejemplo una suma sobre todos los receptores de las señales eléctricas procedentes de las señales ópticas recibidas por los receptores, para encontrar una señal correspondiente a la o las señales medidas por el o los receptores enfrentados, en el instante de la emisión óptica, al emisor del otro entre el juego fijo y el juego giratorio.

55 El sistema puede comprender medios de procesamiento adicionales, en comunicación, ventajosamente conectados eléctricamente, con los receptores del juego fijo o del juego móvil.

60 Cuando los receptores están distribuidos en anillo, estos medios de procesamiento adicionales pueden establecerse para elaborar, independientemente de la posición angular del elemento giratorio, una señal eléctrica correspondiente a la o las señales eléctricas medidas por el o los receptores enfrentados, en el instante de la emisión óptica, al emisor del otro entre el juego giratorio y el juego fijo a partir de las señales eléctricas medidas por los receptores de dicha pluralidad de receptores ópticos distribuidos en anillo.

65 Estos medios de procesamiento adicionales pueden establecerse para transmitir esta señal eléctrica a otro equipo solidario del elemento en donde están montados los receptores en anillo. De este modo, podemos implementar un circuito sumador analógico o digital.

5 Los medios de procesamiento adicionales pueden comprender, por ejemplo, un nodo que conecte entre sí elementos lineales conductores (hilos o pistas, por ejemplo), cada uno conectado por otra parte a un receptor. La suma de las señales eléctricas se realiza así de forma sencilla, mediante un simple nodo entre elementos lineales conductores dispuestos en paralelo.

Las señales ópticas se convierten a señales eléctricas mediante medios de conversión integrados en los receptores. Los receptores pueden comprender, por ejemplo, fotodiodos u otros.

10 La invención no se limita a una simple suma. Por ejemplo, se podría prever una umbralización, conservándose solo las señales superiores a un umbral para la suma, a fin de evitar tener en cuenta las señales procedentes de receptores distantes del emisor. En términos generales, la invención no está limitada en modo alguno por la forma en que se elabora la señal eléctrica en función de las señales medidas por los receptores ópticos, siempre que este procesamiento sea independiente de la posición angular del elemento giratorio.

15 En el caso de emisores en anillo, los medios de procesamiento adicionales, conectados a ese al menos un receptor óptico del otro entre el juego fijo y el juego giratorio, pueden establecerse para elaborar una señal eléctrica a partir de la o las señales eléctricas medidas por el o los receptores ópticos de este otro entre el juego fijo y el juego giratorio, y transmitir esta señal eléctrica a otro equipo solidario del equipo en el que está montado ese otro entre el juego fijo y el juego giratorio.

Los emisores o receptores de un mismo juego dispuestos en anillo pueden estar dispuestos en una sola fila, o incluso en dos o más filas.

25 Cuando los emisores o receptores de un mismo anillo están dispuestos así en más de una fila, se podrán prever desfases angulares entre una fila y otra. Esto puede permitir garantizar la correcta recepción de las señales cualquiera que sea la posición angular del elemento giratorio.

30 Ventajosamente, en el caso de receptores (o emisores) de un mismo anillo dispuestos en N filas, siendo N superior o igual a dos, se puede prever un desfase entre una fila y otra de la longitud (en la dirección de la circunferencia del anillo) de un receptor (o emisor, respectivamente), o de la longitud ocupada por un receptor (o emisor, respectivamente, dividida por N. Por ejemplo, en el caso de dos filas de emisores ópticos, ocupando cada emisor 4 milímetros a lo largo de la circunferencia, se podrá prever un desfase de 2 milímetros.

35 El sistema de transferencia de datos puede comprender varias pluralidades de emisores o receptores en anillo. Cada pluralidad puede corresponder a un canal, pero también se pueden prever varias pluralidades en anillo para un mismo canal (redundancia física).

40 Ventajosamente, se podrán prever al menos dos pluralidades de emisores o de receptores dispuestas a diferentes alturas, así como al menos otros dos juegos fijo(s) o giratorio(s) correspondientes.

Se podrá prever una pluralidad de emisores y una pluralidad de receptores dispuestas a diferentes alturas entre sí. Así, las comunicaciones pueden ser bidireccionales.

45 El sistema puede así comprender

- una pluralidad de emisores ópticos giratorios, distribuidos en anillo sobre el elemento giratorio y solidarios del elemento giratorio, comprendidos, por ejemplo, en el juego giratorio,
- 50 - al menos un receptor óptico fijo montado en y solidario del elemento fijo, dispuesto a una misma altura que la pluralidad de emisores ópticos giratorios, comprendido, por ejemplo, en el juego fijo,
- una pluralidad de receptores ópticos giratorios, distribuidos en anillo sobre el elemento giratorio y solidarios del elemento giratorio,
- al menos un emisor óptico fijo montado en y solidario del elemento fijo, dispuesto a una misma altura que la pluralidad de receptores ópticos giratorios.

55 Ventajosamente, la pluralidad de emisores o de receptores dispuestos en anillo se puede elegir y disponer de manera que la superposición luminosa de los conos de emisión o de recepción en toda la circunferencia del anillo sea superior al 30 %, ventajosamente al 40 %, ventajosamente al 50 %. De este modo, se puede asegurar la transmisión incluso si falla un emisor o un receptor de esta pluralidad de emisores o de receptores dispuestos en anillo.

60 En una realización, los medios de procesamiento y/o los medios de procesamiento adicionales pueden comprender medios digitales de procesamiento de la señal, por ejemplo uno o más procesadores.

65 Ventajosamente, la pluralidad de receptores del uno entre el juego giratorio y el juego fijo puede estar dispuesta en paralelo, estando conectado cada receptor a un elemento lineal conductor asociado. La pluralidad de elementos

lineales conductores correspondientes a esta pluralidad de receptores puede estar dispuesta en paralelo y concurrir en un juego de al menos un nodo.

5 En el caso de M nodos, siendo M superior o igual a 2 y estrictamente inferior al número de receptores del anillo, se podrá prever, por ejemplo, conectar a un mismo nodo todos los receptores que ocupen un arco de círculo de $360^\circ/M$ en la circunferencia. Cada nodo puede estar conectado a su vez a una entrada de medios digitales de procesamiento.

Pero, ventajosamente, se prevé un único nodo para la pluralidad de receptores.

10 A cada nodo de dicho juego le corresponde ventajosamente una entrada de medios digitales de procesamiento de la señal. Este (o estos, en su caso) nodo(s) puede(n) ventajosamente estar aguas arriba de unos medios digitales de procesamiento de la señal. Es decir, los receptores están cableados eléctricamente en paralelo.

15 De este modo, la suma de las señales eléctricas medidas es particularmente sencilla de realizar y, además, evitamos posibles fenómenos de diacronía, lo que permite ganar velocidad de transferencia. Además, ganamos en sencillez y facilidad de adaptación, especialmente cuando cambia el número de receptores.

20 En una realización ventajosa, cada elemento lineal conductor conecta directamente el receptor asociado al nodo (correspondiente, en el caso de varios nodos). Esto puede permitir evitar afectar a las señales medidas con retardos que pueden variar de un receptor a otro, como podría ocurrir en el caso de equipos electrónicos dispuestos cada uno entre el nodo y un receptor asociado. Cada equipo introduciría un retardo y la dispersión entre estos retardos impediría prever comunicaciones con velocidades de datos excesivamente altas.

25 Ventajosamente, cuando el otro entre el juego giratorio y el juego fijo comprende varios receptores, se podrá prever disponer estos receptores en paralelo, estando conectado cada receptor a un elemento lineal conductor asociado. La pluralidad de elementos lineales conductores correspondientes a esta pluralidad de receptores puede estar dispuesta en paralelo y concurrir en un nodo (o, por supuesto, en un pequeño número de nodos).

30 Ventajosamente, este nodo puede estar aguas arriba de unos medios digitales de procesamiento y corresponder a una entrada de estos medios digitales de procesamiento.

En una realización ventajosa, cada elemento lineal conductor conecta directamente el receptor asociado al nodo.

35 Ventajosamente, la pluralidad de emisores del uno entre el juego giratorio y el juego fijo está dispuesta en serie. De esta forma, se pueden evitar posibles fenómenos de diacronía de un emisor a otro, permitiendo transmitir datos a mayores velocidades. Además, ganamos en sencillez y facilidad de adaptación. Por ejemplo, es relativamente fácil reemplazar un conjunto de emisores en serie por otro (que posiblemente tenga un número diferente de emisores).

40 Ventajosamente, cuando el otro entre el juego giratorio y el juego fijo comprende varios emisores, se podrá prever disponer estos emisores en serie.

45 Se pueden prever medios de detección establecidos para detectar un fallo de un emisor. Estos medios de detección pueden estar aguas arriba de los emisores dispuestos en serie y comprender, por ejemplo, medios de medición de la impedancia de un lazo que comprende estos emisores en serie.

50 En una realización, los medios de detección, por ejemplo los medios de procesamiento adicionales, están conectados eléctricamente a un o unos receptores enfrentados a una pluralidad de emisores, y pueden establecerse para generar un mensaje de notificación de fallo de emisor en caso de no recepción de una señal, en particular cuando receptores dispuestos a diferente altura realmente reciben señales.

En efecto, y en particular en el caso de emisores dispuestos en serie, el fallo de un emisor puede dañar todos los emisores de la correspondiente pluralidad de emisores. Detectar este fallo y notificarlo puede permitir tomar las medidas adecuadas, por ejemplo sustituir una tira de LED.

55 Ventajosamente, estos medios de procesamiento adicionales pueden establecerse para transmitir además un valor de posición angular del elemento giratorio en el instante de detección del fallo. Esta información puede facilitar la búsqueda del origen del fallo, especialmente si se observa un mismo ángulo en varios fallos. Entonces se podrá suponer que dicho emisor falla regularmente en una determinada serie de tiras de LED.

60 En una realización, unos medios de detección de fallo de los receptores, por ejemplo integrados en los medios de procesamiento adicionales, se establecen para:

65 - realizar una suma en el tiempo de la o las señales procedentes del nodo (o de los nodos), durante un lapso de tiempo correspondiente a al menos un grado de desplazamiento angular del elemento giratorio, ventajosamente a al menos un semiperíodo de giro del elemento giratorio, por ejemplo a lo largo de 50 ms, 1

segundo, 2 segundos o 3 segundos en el caso de una velocidad de giro de 50 rpm, para obtener valores medidos promedio,

- en caso de disminución significativa en uno de estos valores medidos promedio con respecto a los demás, por ejemplo una disminución de más del 3 % o del 8 %, por ejemplo cuando hay 20 o 10 receptores respectivamente, generar un mensaje de sospecha de fallo.

5 Así, a pesar de la posible ausencia de medios de detección (digitales o analógicos) conectados directamente a cada receptor, sigue siendo posible detectar posibles fallos.

10 En una realización no limitativa, cada valor medido promedio se compara con un umbral, y se considera que hay una disminución significativa cuando uno o varios valores medidos promedio consecutivos son inferiores a este umbral.

Ventajosamente, este umbral puede ser función del número de detectores en el anillo.

15 Ventajosamente, este umbral puede ser función de un valor de medición predeterminado o inicialmente medido.

Por ejemplo el umbral se puede elegir como el producto de este valor inicial (correspondiente a una situación de pleno funcionamiento) y $(1-1/2Q)$, $(1-2/3Q)$ o incluso $(1-4/5Q)$, siendo Q el número de receptores en el anillo.

20 En una realización no limitativa, se podrá condicionar la generación del mensaje de sospecha de fallo a disminuciones significativas reiteradas en cada período de giro del elemento giratorio.

Ventajosamente, se puede prever, en particular en caso de generación de un mensaje de sospecha de fallo, que:

25 (i) se realiza una suma de la o las señales procedentes del nodo (o de los nodos) por un espacio de tiempo comprendido entre un centenar de períodos de las señales ópticas (por ejemplo 0,1 μ s en el caso de comunicaciones ópticas a 1 GHz) y un tiempo correspondiente a un desplazamiento angular del doble de la longitud (según la circunferencia del anillo) ocupada por un receptor (por ejemplo 0,1 s en el caso de un elemento que gira a 60 revoluciones por minuto y equipado con un anillo de 20 receptores, para obtener un valor medido promediado en una ventana corta,

30 (ii) se asocia este valor medido promediado en una ventana corta con un valor de posición angular del elemento giratorio durante las mediciones correspondientes,

- se reiteran los pasos (i) y (ii) y se busca qué posición angular corresponde a un mínimo de estos valores medidos promediados en una ventana corta.

Estos pasos pueden llevarse a cabo mediante medios de detección de fallo de los receptores, por ejemplo integrados en los medios de procesamiento adicionales.

40 De este modo, es posible identificar el receptor defectuoso. Es decir, se busca a qué posición angular corresponde una disminución de la señal. Este valor de posición angular se puede transmitir con fines de sustitución del receptor correspondiente.

45 Un procedimiento de este tipo puede resultar particularmente ventajoso en el caso de receptores en paralelo, conectados a un nodo a su vez conectado a una entrada de FPGA, por ejemplo, porque permite ahorrar medios de detección dedicados a cada nodo y evitar los retardos que se introducirían.

Estos pasos (i), (ii), su reiteración y la búsqueda de un mínimo pueden realizarse, por ejemplo, solo en caso de generación de un mensaje de sospecha de fallo.

50 Pero, alternativamente, se podrá prever su ejecución incluso en ausencia de dicho mensaje. La detección de fallos del receptor podría llevarse a cabo, por ejemplo, realizando reiteradamente los pasos (i) y (ii), por ejemplo cada ms o μ s en el caso de una ventana corta de 1 a 10 μ s. En caso de detección de un mínimo significativo, se genera directamente un mensaje que señala un fallo en el ángulo (o un rango de ángulos) correspondiente a este mínimo.

55 Ventajosamente, los medios de procesamiento y/o los medios de procesamiento adicionales puede(n) comprender respectivamente medios de conexión a una pluralidad de grupos de al menos un canal alámbrico, para recibir una pluralidad de flujos de datos respectivos, procediendo cada flujo de un aparato correspondiente, por ejemplo buses de entrada, puertos de entrada u otros. Cada aparato se puede instalar sobre el elemento fijo o giratorio en su caso.

60 Los medios digitales de procesamiento de la señal pueden establecerse para elaborar un flujo que se transmitirá hacia un juego de al menos un emisor conectado eléctricamente a dichos medios digitales de procesamiento, en vistas a una transmisión óptica, dependiendo de los flujos de datos recibidos.

65 Por ejemplo, los medios digitales de procesamiento de la señal pueden establecerse para asignar a cada flujo recibido un valor de parámetro de prioridad y, en caso de recepción concomitante de varios flujos, comparar los valores del

parámetro de prioridad asociados a los flujos recibidos y transmitir con prioridad, hacia el o los emisores ópticos, el flujo asociado al valor del parámetro de prioridad correspondiente al mayor grado de prioridad.

5 De este modo, el sistema puede instalarse en un conjunto diseñado por terceros, con un número variable de fuentes y/o protocolos de comunicación ya implantados.

También se podrá prever que los medios digitales de procesamiento de la señal estén programados para extraer datos útiles de los flujos recibidos y para encapsular los datos útiles así extraídos en tramas que se ajusten a un protocolo de comunicación óptica inalámbrica.

10 Ventajosamente, los medios de procesamiento pueden estar programados para procesar los datos que vayan a transmitirse, por ejemplo los datos útiles extraídos, de modo que los datos correspondientes a la señal eléctrica generada tengan redundancia (por ejemplo, codificación con corrección de errores, por ejemplo Reed-Solomon, u otra).

15 Los medios de procesamiento adicionales pueden entonces estar programados para decodificar los datos correspondientes a las señales eléctricas recibidas con el fin de garantizar la integridad de los datos. Esto puede permitir detectar y/o solucionar fallos.

20 Los medios de procesamiento adicionales pueden entonces estar programados para realizar diagnósticos basados en posibles detecciones.

Los medios de procesamiento y/o los medios de procesamiento adicionales pueden estar programados para implantar modos de funcionamiento degradados, garantizando un servicio mínimo del sistema de comunicación.

25 Los medios de procesamiento y/o los medios digitales de procesamiento pueden comprender, por ejemplo, una FPGA (del inglés, "Field Programmable Gate Array", u otro).

30 En una realización, en donde el sistema comprende al menos dos pluralidades de emisores o receptores en anillo, cada juego de emisor(es) envía señales ópticas con una longitud de onda asociada.

35 Alternativamente, cuando el sistema comprende, para cada canal entre al menos dos canales, al menos dos pluralidades de emisores o receptores en anillo para ese canal, todos los emisores correspondientes a un mismo canal pueden emitir señales ópticas con una longitud de onda asociada.

La invención no está limitada en modo alguno por estas elecciones de longitudes de onda distintivas. Es completamente posible prever el uso de las mismas longitudes de onda para las comunicaciones de enlace ascendente y descendente y/o de un canal a otro (o de una pluralidad en anillo a otra).

40 En una realización, el sistema puede comprender medios de filtrado (ópticos o electrónicos). Esto puede permitir eliminar señales no pertinentes.

45 En particular, cuando el sistema comprende al menos dos pluralidades de emisores o receptores en anillo e implementa al menos dos longitudes de onda diferentes, el sistema puede comprender medios de filtrado alrededor de cada una de estas longitudes de onda.

Los medios de filtrado pueden comprender, por ejemplo, un vidrio coloreado, o incluso medios de procesamiento analógicos o digitales.

50 También se podrá prever una cubierta alrededor del o los emisores para absorber parcialmente un exceso de luz.

El sistema descrito anteriormente puede comprender además una caja para recibir los juegos fijos y giratorios. Ventajosamente, esta caja puede presentar un revestimiento absorbente.

55 El sistema de transferencia de datos puede establecerse para instalarse en un aerogenerador u otro.

La invención no está limitada en modo alguno por el tipo de OWC implementada. Por ejemplo, se podrá prever una comunicación inalámbrica por infrarrojos, por Li-Fi, por VLC (del inglés "Visible Light Communications") u otra. Las comunicaciones podrán, por ejemplo, cumplir con las normas IrDA, IEEE 802.15.7 u otras.

60 Los emisores ópticos pueden comprender, por ejemplo, diodos, por ejemplo electroluminiscentes o LED (del inglés "Light Emitting Diode"), láser u otros.

65 Los receptores ópticos pueden comprender fotodiodos, o incluso sensores de imagen, por ejemplo sensores CMOS (por "Complementary Metal-Oxide Semiconductor" en inglés).

También se propone un conjunto que comprende un elemento giratorio, un elemento fijo y el sistema de transferencia de datos descrito anteriormente. Este conjunto puede estar o no integrado en un aerogenerador.

5 También se propone un aerogenerador que comprenda este conjunto. El elemento giratorio puede comprender el eje de la parte giratoria, ser solidario de este eje o incluso ser impulsado en movimiento por este eje.

Las frecuencias utilizadas para las comunicaciones ópticas pueden ser superiores a 10 MHz, ventajosamente superiores a 100 MHz.

10 Las frecuencias utilizadas para las comunicaciones ópticas pueden estar en un rango entre 1 megahercio y 60 gigahercios, ventajosamente entre 100 megahercios y 10 gigahercios, por ejemplo del orden del gigahercio.

Las velocidades de transferencia implementadas pueden ser superiores a 5 megabits por segundo, ventajosamente superiores a 100 megabits por segundo.

15 Las velocidades de transferencia implementadas pueden estar, por ejemplo, en un rango entre 100 kilobits por segundo y 20 gigabits, ventajosamente entre 50 megabits por segundo y 5 gigabits por segundo, por ejemplo del orden del gigabit por segundo.

20 Por ejemplo, se podrá prever una transmisión en banda base.

Se podrá prever una codificación, por ejemplo una codificación Manchester u otra.

25 La invención no está limitada por la elección de una modulación particular. Se podrá utilizar una modulación OOK (del inglés "On-Off Keying") u otra.

La invención se describirá mejor con referencia a las figuras siguientes, que representan una realización dada a modo de ejemplo y sin limitación.

30 La figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de un conjunto de aerogenerador según una realización de la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente y en perspectiva un ejemplo de un sistema de transferencia de datos según una realización de la invención.

35 La figura 3 es una vista en sección del sistema de la figura 2.

La figura 4 es una vista lateral del sistema de la figura 2.

La figura 5 muestra los conos de emisión de emisores en anillo montados sobre un eje giratorio.

La figura 6 muestra esquemáticamente parte de un ejemplo de un sistema según otra realización de la invención.

40 La figura 7 muestra esquemáticamente dos configuraciones de un ejemplo de sistema según una realización de la invención.

La figura 8 es una representación en bloques de un ejemplo de sistema según una realización de la invención.

La figura 9 representa esquemáticamente un elemento fijo o un elemento giratorio de un ejemplo de sistema según una realización de la invención.

45 Se pueden utilizar referencias idénticas de una figura a otra para designar elementos idénticos o similares.

Con referencia a la figura 1, un aerogenerador 100 comprende un mástil 101, una góndola 112 y palas 102 solidarizadas al denominado eje lento 103.

50 Un multiplicador 104 permite convertir el movimiento de giro del eje lento 103 en un movimiento más rápido del llamado eje rápido 105.

Un generador 115 permite generar corriente a partir del movimiento de este eje rápido 105.

55 El aerogenerador está equipado con sensores, por ejemplo sensores de vibración u otros, de los cuales aquí solo se muestra uno 109 para mayor claridad. Un supervisor 108, que comprende, por ejemplo, uno o más procesadores, recibe señales procedentes de estos sensores y gobierna en consecuencia unos actuadores, por ejemplo un motor 110 para modificar la orientación de las palas 102.

60 Así, los aparatos 109, 110 son solidarios de las palas, mientras que el procesador permanece fijo.

Unos cables 116 conectados a los sensores o a los actuadores están instalados dentro del eje lento 103. Para mayor claridad, solo se han mostrado dos cables, pero en realidad a cada aparato 109, 110 le corresponde un grupo de uno o varios hilos que conectan ese aparato a un sistema de transferencia de señales o STS representado esquemáticamente y referenciado 106.

65

El STS 106 está situado cerca del multiplicador 104 y acoplado mecánicamente al eje lento 103. El STS 106 está conectado al supervisor mediante un grupo de uno o más canales alámbricos, de los cuales aquí solo se muestra uno 107 para mayor claridad.

5 Unos cables adicionales y no mostrados permiten transferir potencia entre el STS 106 y el motor de orientación de las palas 110.

10 Con referencia a la figura 2, se ha representado el sistema de transferencia 106. Este sistema 106 permite transferir datos entre un elemento giratorio, aquí el eje lento 103, y un elemento fijo 204, aquí un elemento solidario de la góndola.

El eje lento 103 está sometido a vibraciones y variaciones térmicas en un rango de -40 °C a $+100\text{ °C}$.

15 El sistema 106 representado define un canal de comunicaciones descendente, para transferir señales desde la parte fija 204 hacia el eje 103, y un canal ascendente, para transferir señales desde el eje lento 103 hacia un procesador instalado en la góndola.

20 El sistema comprende una tira 210 de varias decenas de LED 211 montada alrededor del eje lento 103, para formar un anillo de emisores 211, para asegurar las comunicaciones a lo largo del canal ascendente con unos fotodiodos 214. De manera en sí conocida, cada LED 211 integra medios de conversión óptico-eléctrica y recibe una señal eléctrica que transforma en señal óptica.

25 Un dispositivo de procesamiento 212, por ejemplo una FPGA, elabora una señal eléctrica a partir de señales procedentes de sensores (no representados en la figura 2) de la parte giratoria del aerogenerador. Esta señal eléctrica se transmite por un (o más) hilo(s) conductor(es) 213 a todos los LED 211, los cuales emiten entonces simultáneamente la misma señal óptica.

30 Las emisiones ópticas en este canal ascendente son, por tanto, omnidireccionales, como se representa simbólicamente por las flechas 250.

De manera en sí conocida, se podrá utilizar una codificación Manchester, una modulación OOK (del inglés "On-Off Keying") u otra. Las velocidades de transferencia pueden ser, por ejemplo, de 1 gigabit por segundo y la frecuencia de la portadora óptica, por ejemplo, de 5 gigahercios.

35 En esta realización, dos receptores ópticos 214, por ejemplo fotodiodos, están dispuestos a la misma altura, siguiendo la dirección de giro del eje lento 103, que la tira 210. Con la tira 210 en un plano normal a la dirección de giro, los fotodiodos 214 están en el plano definido por esta tira 210.

40 Estos fotodiodos 214 reciben las señales ópticas de los emisores 211 enfrentados a ellos mismos, como se ilustra mediante la figura 4. La velocidad de giro del eje 103 puede ser variable, y posiblemente alta, pero, al ser omnidireccionales las emisiones ópticas y la velocidad de la luz considerablemente mayor que la velocidad del eje, la falta de conocimiento *a priori* de la posición angular del eje tiene una influencia insignificante en la calidad de la transmisión.

45 Las señales eléctricas medidas por los fotodiodos 214 se suman entre ellas y la señal eléctrica resultante se envía a un procesador instalado en la parte fija del aerogenerador, por ejemplo una FPGA.

50 En lo referente al canal descendente, dos LED 215 solidarios de la parte fija 204 están dispuestos enfrente de una segunda tira 216 de fotodiodos 217.

Un procesador no representado, por ejemplo la FPGA de la parte fija, envía una señal eléctrica para ser transmitida a estos LED 215, y al menos algunos de los fotodiodos 217, a saber, los que están frente a estos LED 215, reciben entonces señales ópticas.

55 Aguas abajo de los fotodiodos 217, sobre el eje giratorio, un procesador no representado, por ejemplo integrado en la FPGA 212, suma todas las señales eléctricas procedentes de los fotodiodos 217 para reconstruir la señal eléctrica enviada a los LED 215.

60 Sin embargo, en una realización alternativa, podrá preverse llevar a cabo esta suma por medios analógicos, ventajosamente mediante un simple cableado en paralelo como en la realización de la figura 9.

Se elegirá el número de LED 211 y de fotodiodos 217 en función del diámetro y del eje (figuras 2 y 3), el número de fotodiodo(s) 214 y de LED 215, respectivamente, enfrentados a las tiras correspondientes y de las características ópticas de estos componentes 211, 217, 214, 215.

65

Si, como se muestra en la figura 5, los LED 211' tienen un cono de emisión 218 de extensión relativamente pequeña y el número de LED 211' es limitado, existe el riesgo de limitar seriamente o anular la transferencia de datos para ciertas posiciones angulares del eje 103.

5 Además, y en particular si no es posible jugar con la distancia p entre LED como en las figuras 2 a 4 debido a las dimensiones de los LED 211', se podrá prever disponer estos LED 211' en dos filas, con desfases, como se ilustra mediante la figura 6.

10 También se podrá prever el uso de una primera longitud de onda para las comunicaciones que siguen el canal ascendente y de una segunda longitud de onda, diferente de la primera, para las comunicaciones en el canal descendente.

15 Los medios de procesamiento aguas abajo de los fotodiodos pueden integrar filtros digitales, cada uno de ellos centrado en la longitud de onda esperada.

20 Para un eje lento 103 que tenga un diámetro y entre 10 y 20 milímetros, por ejemplo de 15 milímetros, se podrá prever espaciar las tiras 210, 216 una altura z del orden del milímetro o del centímetro, por ejemplo; la distancia p entre dos emisores o receptores en una misma tira puede estar comprendida, por ejemplo, entre 0,05 mm y 0,3 mm, por ejemplo 0,1 o 0,2 mm; la distancia x entre los emisores fijos 215 o los receptores fijos 214 puede ser del orden del milímetro u otra; finalmente, la distancia D entre un juego fijo 214, 215 y el correspondiente juego giratorio 210, 216 puede ser, por ejemplo, del orden del milímetro o del centímetro, por ejemplo 2 o 3 milímetros.

25 Con referencia a la figura 8, se han representado varios canales, con diversos protocolos (Ethernet, RS232, etc.) para recoger medidas de sensores 109 en la parte rotativa del aerogenerador.

La invención no está limitada por los protocolos de comunicación implementados en los canales alámbricos. Podemos citar, por ejemplo, RS232, RS422, RS485, bus CAN (del inglés "Controller Area Network"), Ethernet, ProfiBus (del inglés "Process Field Bus"), Modbus, Interbus.

30 A un protocolo determinado se le asocia un grupo de canales que comprende un número definido de canales, por ejemplo tres canales para el protocolo RS232, dos o cuatro canales para el protocolo RS485, dos canales para el bus CAN y cinco canales para Ethernet.

35 Un módulo de transmisión, por ejemplo la FPGA 212, recibe estos flujos y asigna un valor de parámetro de prioridad a cada flujo recibido. Por ejemplo, los datos procedentes de un bus CAN pueden considerarse menos prioritarios que los datos de Ethernet.

40 En caso de recepción concomitante de varios flujos, la FPGA 212 compara los valores del parámetro de prioridad asociados a los flujos recibidos y transmite con prioridad a los emisores ópticos de la tira 210 el flujo asociado al valor del parámetro de prioridad correspondiente al mayor grado de prioridad.

45 Los datos recibidos por la FPGA se estructuran en mensajes, con varios campos (identificador de protocolo, fecha, etc.). La FPGA extrae los datos útiles (valores medidos, identificador del sensor, etc.) de los datos recibidos y encapsula estos datos útiles en nuevos mensajes, de acuerdo con un protocolo de comunicación inalámbrica, por ejemplo Li-Fi.

La señal eléctrica así generada se envía hacia los emisores de la tira 210 dispuestos en serie, como se ilustra en la figura 9.

50 En la parte fija, un fotodiodo (o varios) enfrentado(s) a la tira de emisores recibe una señal óptica y, en consecuencia, transmite una señal eléctrica recibida a un convertidor digital-analógico situado aguas arriba de una FPGA 251 instalada en la parte fija.

55 Esta FPGA 251 extrae los datos útiles de la señal digital procedente del fotodiodo, los encapsula según un protocolo elegido en función, por ejemplo, de un identificador de sensor y los envía hacia un dispositivo de supervisión 252 utilizando un flujo correspondiente al protocolo elegido.

60 El dispositivo de supervisión puede comprender, por ejemplo, un procesador conectado a una computadora en tierra, o en comunicación con un módulo de comunicación por radiofrecuencia para una comunicación con tierra o con un equipo remoto.

Este procesador puede recibir o elaborar, simplemente a partir de las señales procedentes de los sensores 109, una señal de mando destinada a los actuadores presentes en la parte giratoria.

65 Esta señal de mando se transmite entonces mediante un LED enfrentado a una tira de fotodiodos.

Con referencia a la figura 7, un receptor fijo 214 y un emisor fijo 215 están montados en una parte fija 204, enfrentados respectivamente a una tira 210 de emisores y a una tira 216 de receptores montados en un eje 103.

5 El eje giratorio 103 está parcialmente recibido en una caja 260, fija con respecto al eje.

La parte fija 204 está parcialmente recibida en la caja 260.

10 La caja 260 define una abertura para el paso del eje 103, suficientemente extensa para no obstaculizar el giro del eje 103, y otra abertura para el paso de la parte fija. Esta otra abertura es suficientemente extensa para permitir el movimiento de la parte fija hacia el eje, con el fin de reducir la distancia D si es necesario, como se ilustra en la figura 7.

15 El interior de la caja 260 está revestido con un revestimiento absorbente, para evitar cualquier reverberación de las señales luminosas y las señales parásitas resultantes de estas reverberaciones.

Con referencia a la figura 9, un elemento giratorio (o fijo) 272 comprende una pluralidad de receptores ópticos 217 dispuestos en anillo, así como una pluralidad de emisores 211 también dispuestos en anillo, distando entre sí los dos anillos.

20 Esta disposición en anillo no se ha rescatado en la figura 9 para facilitar su lectura.

Sin embargo, se entenderá que los emisores 211 están dispuestos en serie y que una FPGA 212 envía una señal transmitida al conjunto de los emisores 211 en serie.

25 Los receptores 217 están cableados en paralelo, estando conectado cada receptor 217 a un hilo correspondiente 271.

Los hilos 217 concurren en un nodo 270. Para cada uno de los receptores, no se instala ningún componente entre ese receptor y el nodo. Esto evita retardos que serían inducidos por filtros paso bajo u otros componentes.

30 El propio nodo 270 está conectado a una entrada de la FPGA 212. La FPGA 212 recibe por lo tanto una única señal, resultado de una suma sobre el conjunto de los receptores de las señales de cada uno de estos receptores.

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema de transferencia de datos de al menos un canal entre un elemento giratorio (103) y un elemento fijo (204) mediante comunicación óptica inalámbrica, que comprende, para cada canal:

- un juego giratorio de al menos un emisor (211) o receptor (217) óptico giratorio, montado en y solidario del elemento giratorio,
- 10 - un juego fijo de al menos un receptor (214) o emisor (215) óptico fijo, montado en y solidario del elemento fijo,
- medios de procesamiento (212) en comunicación con dicho al menos un emisor del juego giratorio o del juego fijo en su caso,

15 en el que

uno de entre el juego giratorio y el juego fijo comprende una pluralidad de emisores (211) o receptores (217) ópticos distribuidos en anillo (210, 216) alrededor del elemento giratorio, el otro entre el juego giratorio y el juego fijo comprende al menos un receptor (214) o emisor (215) óptico dispuesto sustancialmente a una misma altura, con respecto al eje de giro del elemento giratorio, que la pluralidad de emisores o receptores ópticos distribuidos en anillo, los juegos fijo y giratorio se establecen de modo que, cualquiera que sea la posición angular del elemento giratorio, en su caso dicho al menos un receptor óptico del otro entre el juego giratorio y el juego fijo reciba señales ópticas emitidas por al menos un emisor de dicha pluralidad de emisores ópticos distribuidos en anillo, o al menos un receptor de dicha pluralidad de receptores ópticos distribuidos en anillo reciba señales ópticas emitidas por al menos un emisor óptico del otro entre el juego giratorio y el juego fijo, los medios de procesamiento se establecen para generar, independientemente de la posición angular del elemento giratorio, una señal eléctrica y para transmitir, hacia dicho al menos un emisor del juego giratorio o del juego fijo en su caso, dicha señal eléctrica de modo que, si hay más de un emisor en ese juego, estos emisores emiten simultáneamente la misma señal óptica, y **caracterizado por que** uno entre el juego giratorio y el juego fijo comprende una pluralidad de emisores ópticos instalados en serie.

2. Sistema de transferencia de datos según la reivindicación 1, en el que

35 la pluralidad de emisores (211) o de receptores (217) dispuestos en anillo se elige y dispone de modo que la superposición luminosa de los conos de emisión o de recepción sea superior al 30 % en toda la circunferencia del anillo.

40 3. Sistema de transferencia de datos según la reivindicación 1 ó 2, en el que

el juego giratorio comprende una pluralidad de emisores ópticos giratorios (211), distribuidos en anillo sobre el elemento giratorio y solidarios del elemento giratorio, y el juego fijo comprende al menos un receptor óptico fijo (214) montado en y solidario del elemento fijo, dispuesto a una misma altura que la pluralidad de emisores ópticos giratorios (211).

45 4. Sistema de transferencia de datos según la reivindicación 3, que comprende además

una pluralidad de receptores ópticos giratorios (217) distribuidos en anillo sobre el elemento giratorio y solidarios del elemento giratorio, al menos un emisor óptico fijo (215) montado en y solidario del elemento fijo, dispuesto a una misma altura que la pluralidad de receptores ópticos giratorios (217).

5. Sistema de transferencia de datos según la reivindicación 4, en el que

55 los emisores (211) de la pluralidad de emisores ópticos giratorios distribuidos en anillo emiten a una longitud de onda diferente de la longitud de onda del al menos un emisor óptico fijo (215).

6. Sistema de transferencia de datos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que

60 los medios de procesamiento (212) comprenden medios digitales de procesamiento de la señal y medios de conexión a una pluralidad de grupos de al menos un canal alámbrico, para recibir una pluralidad de flujos de datos respectivos, procediendo cada flujo de un aparato correspondiente.

7. Sistema según la reivindicación 6, en el que los medios digitales de procesamiento de la señal (212) se establecen para asignar un valor de parámetro de prioridad a cada flujo recibido y, en caso de recepción concomitante de varios flujos, comparar los valores del parámetro de prioridad asociados a los flujos recibidos y transmitir con prioridad, hacia

el o los emisores ópticos, el flujo asociado al valor del parámetro de prioridad correspondiente al mayor grado de prioridad.

5 8. Sistema de transferencia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además medios de detección, conectados eléctricamente a un o unos receptores enfrentados a la pluralidad de emisores en serie, estableciéndose dichos medios de detección para generar un mensaje de notificación de fallo del emisor en caso de no recepción de señal.

10 9. Sistema de transferencia de datos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que
uno entre el juego giratorio y el juego fijo comprende una pluralidad de receptores dispuestos en paralelo, estando conectado cada receptor a un elemento lineal conductor asociado,
la pluralidad de elementos lineales conductores correspondiente a esta pluralidad de receptores está dispuesta en paralelo y concurre en un juego de al menos un nodo,
15 y a cada nodo de dicho juego le corresponde una entrada de unos medios digitales de procesamiento de la señal.

20 10. Sistema según la reivindicación 9, en el que unos medios de detección de fallo de los receptores se establecen para:
- realizar una suma en el tiempo de la o las señales procedentes del nodo (o de los nodos), durante un lapso de tiempo correspondiente a al menos un grado de desplazamiento angular del elemento giratorio, para obtener valores medidos promedio,
- en caso de disminución significativa de uno de estos valores medidos promedio con respecto a los demás,
25 generar un mensaje de sospecha de fallo.

30 11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, en el que los medios de detección de fallo de los receptores se establecen para, en particular en caso de generación de un mensaje de sospecha de fallo:
(i) realizar una suma de la o las señales procedentes del nodo (o de los nodos) por un espacio de tiempo comprendido entre un centenar de períodos de las señales ópticas y un tiempo correspondiente a un desplazamiento angular del doble de la longitud (según la circunferencia del anillo) ocupada por un receptor, para obtener un valor medido promediado en una ventana corta,
(ii) asociar este valor medido promediado en una ventana corta con un valor de posición angular del elemento
35 giratorio durante las mediciones correspondientes,
- reiterar los pasos (i) y (ii) y buscar qué posición angular corresponde a un mínimo de estos valores medidos promediados en una ventana corta.

40 12. Sistema de transferencia de datos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la pluralidad de emisores (211) o receptores (217) ópticos distribuidos en anillo está dispuesta en varias filas de emisores o receptores desfasados entre sí.

45 13. Sistema de transferencia de datos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que las comunicaciones ópticas inalámbricas se producen por Li-Fi.

14. Conjunto que comprende un elemento giratorio (103), un elemento fijo (204) y el sistema de transferencia de datos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

50 15. Aerogenerador que comprende el conjunto según la reivindicación 14.

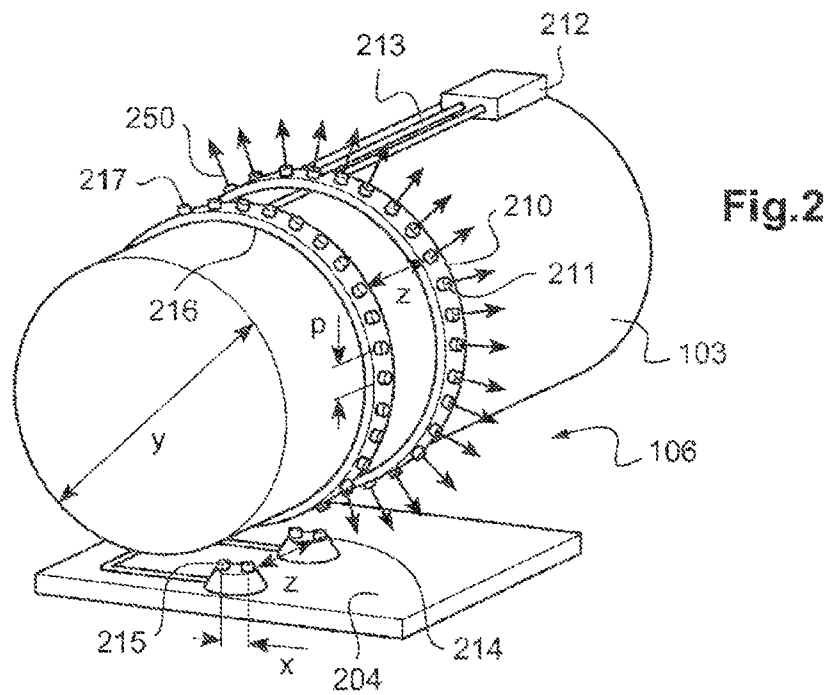
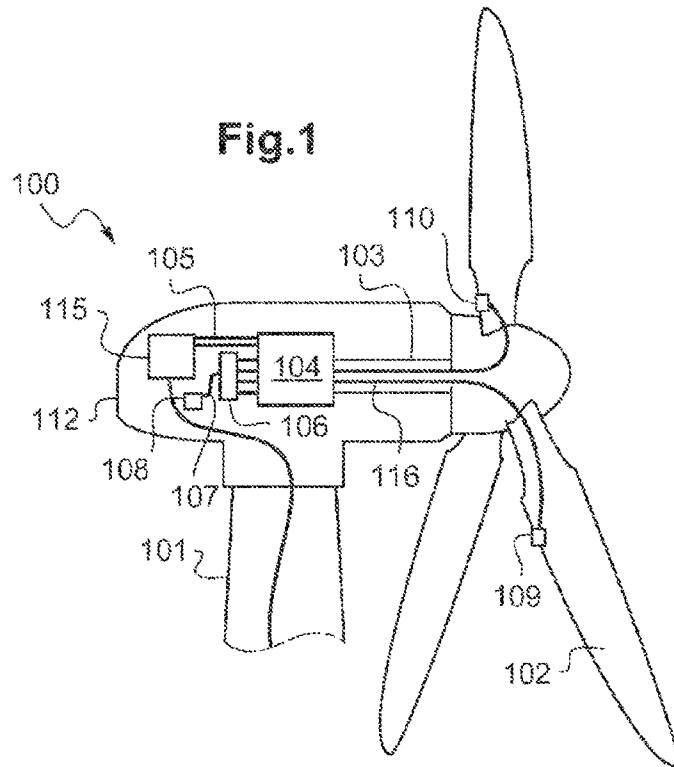


Fig.3

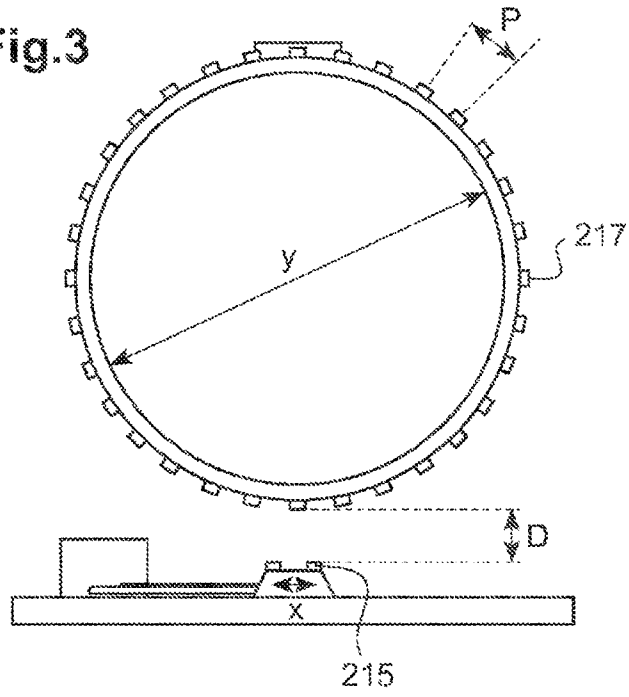
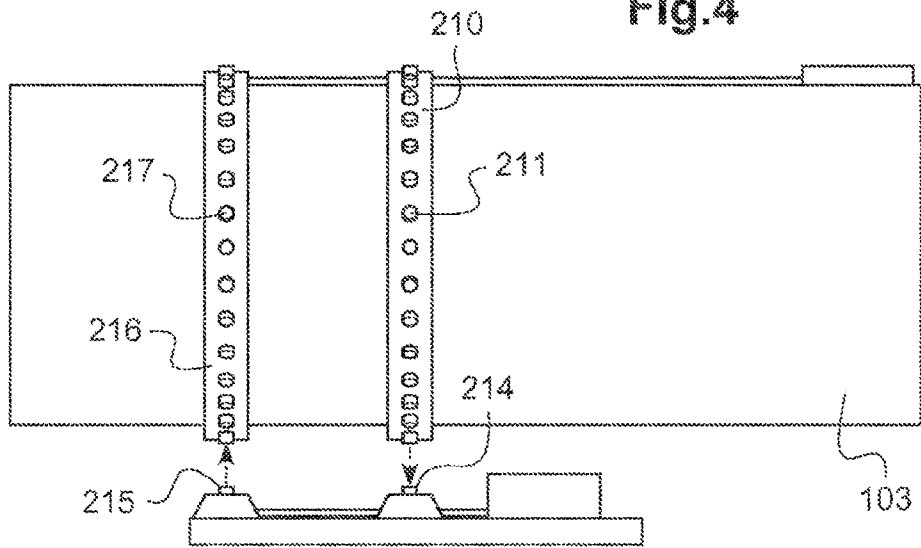


Fig.4



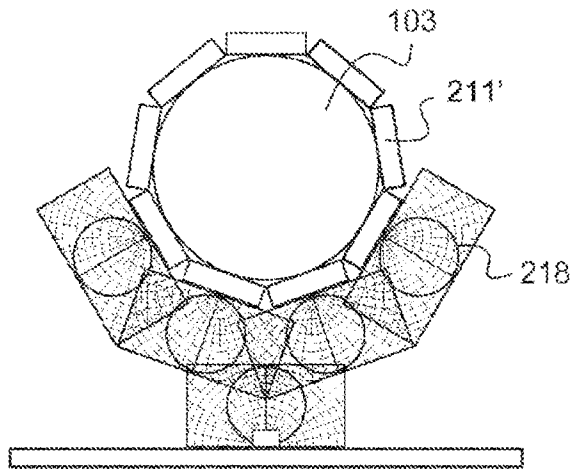


Fig. 5

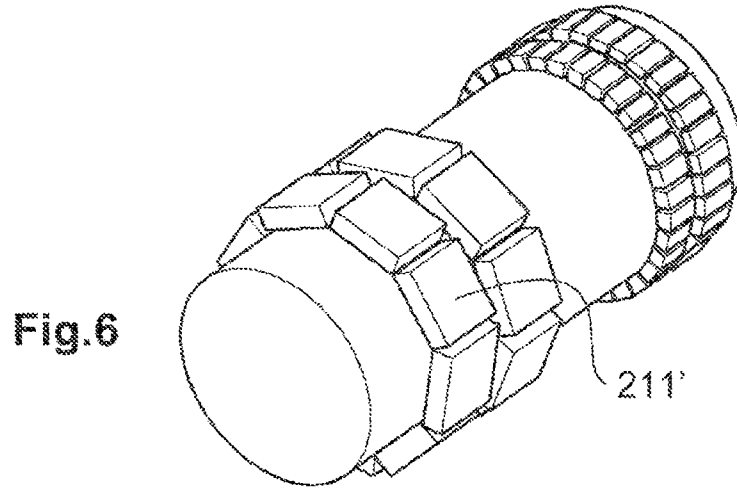


Fig. 6

Fig. 7

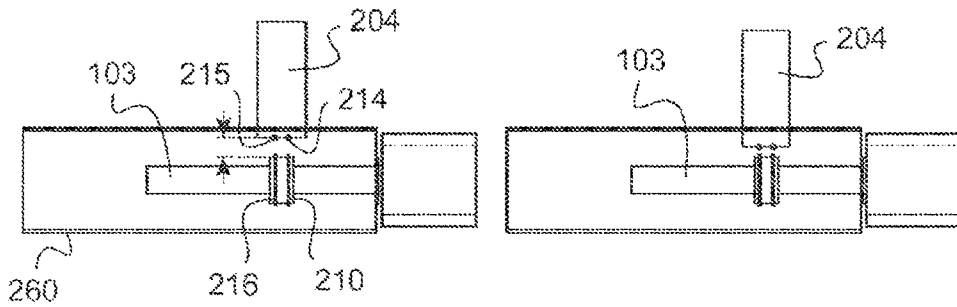


Fig.8

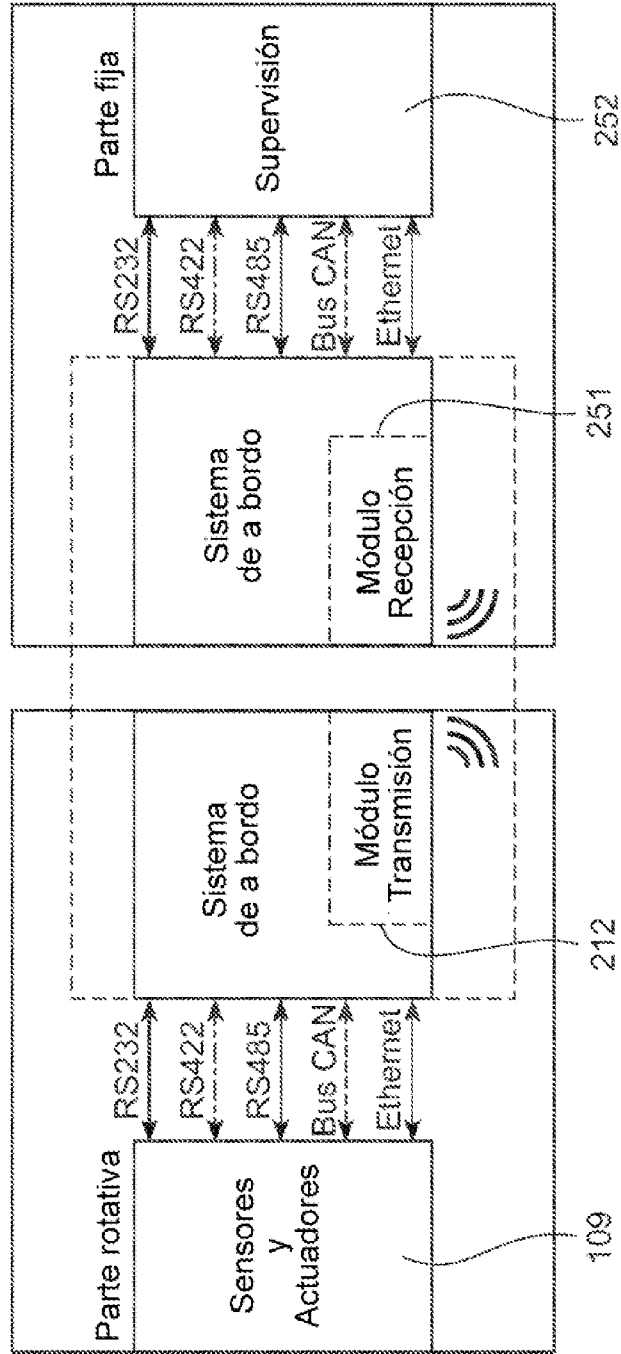


Fig.9

