

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 379**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2011** **E 15151695 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016** **EP 2884098**

54 Título: **Aerogenerador así como procedimiento para el apagado controlado de un aerogenerador**

30 Prioridad:

16.09.2010 DE 102010045699

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

07.07.2016

73 Titular/es:

SENVION GMBH (100.0%)

Überseering 10

22297 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

PRINZ, MATTHIAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 576 379 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

Aerogenerador así como procedimiento para el apagado controlado de un aerogenerador

La presente invención se refiere a un aerogenerador con un sistema de control principal. Al sistema de control principal se le aporta un conjunto de variables de estado. El sistema de control principal determina a partir de las variables de estado las especificaciones de regulación para el funcionamiento del aerogenerador. La invención se refiere además a un procedimiento para el funcionamiento de un aerogenerador de estas características.

Cuando en el sistema de control principal se produce un fallo existe el riesgo de que se transmitan especificaciones de regulación incorrectas a los componentes del aerogenerador y que el aerogenerador se vea por este motivo en una situación no deseada. Por esta razón, el aerogenerador no puede funcionar por más tiempo bajo el control del sistema de control principal en caso de fallo.

Hasta ahora, lo normal en caso de fallo en el sistema de control principal era abrir la cadena de seguridad. Al abrir la cadena de seguridad se quita al sistema de control principal el control del aerogenerador y el aerogenerador se frena bruscamente en un proceso no regulado. Este frenado tan brusco supone una carga considerable para el aerogenerador. Se producen, por ejemplo, vibraciones y cambios de carga bruscos que pueden dar lugar a una notable reducción de la vida útil de los componentes del aerogenerador.

La invención se basa en la tarea de presentar un aerogenerador así como un procedimiento para el funcionamiento del aerogenerador con los que el aerogenerador sufra una carga menor en caso de un fallo del sistema de control principal. Partiendo del estado de la técnica inicialmente descrito, esta tarea se resuelve gracias a las características de las reivindicaciones independientes. En las subreivindicaciones se describen formas de realización ventajosas.

El aerogenerador comprende, según la invención, un sistema de control mínimo y un módulo de supervisión. El sistema de control mínimo determina, a partir de un conjunto parcial de variables de estado, especificaciones de regulación para el ángulo de paso y/o la velocidad de paso. El módulo de supervisión vigila el sistema de control principal y pasa el control del aerogenerador, en caso de un fallo en la ejecución por parte del sistema de control principal, al sistema de control mínimo.

En primer lugar se explican algunos conceptos. Las variables de estado contienen información sobre condiciones que pueden influir en el funcionamiento del aerogenerador. Entre ellas cuentan, por ejemplo, informaciones sobre el estado de los componentes del aerogenerador y sobre condiciones ambientales como, por ejemplo, la velocidad del aire. El sistema de control principal procesa dichas informaciones y determina, a partir de ellas, las especificaciones de regulación para el funcionamiento del aerogenerador. Las especificaciones de regulación se transmiten a los componentes correspondientes del aerogenerador para que regulen su funcionamiento en función de las especificaciones de regulación. La suma de todas las variables de estado aportadas al sistema de control principal se define como conjunto de variables de estado. Un conjunto parcial de variables de estado comprende algunas de las variables de estado, pero no todas, que forman parte del conjunto de variables de estado.

Un episodio en el sistema de control principal se define como fallo cuando es tan importante que el aerogenerador ya no puede funcionar más bajo el control del sistema de control principal. En los aerogeneradores clásicos un fallo provoca la apertura de la cadena de seguridad y el frenado brusco del aerogenerador. A diferencia de estos fallos, se pueden producir pequeñas irregularidades en el sistema de control principal con las que el aerogenerador puede seguir funcionando normalmente.

El sistema de control mínimo sirve para parar el aerogenerador de forma regulada. La invención se ha dado cuenta de que para esta función limitada no hace falta la funcionalidad completa del sistema de control principal. Por consiguiente, el sistema de control mínimo sólo incluye las variables de estado realmente necesarias para la parada progresiva del aerogenerador. Hay variables de estado que son irrelevantes para la parada progresiva del aerogenerador. Estas variables de estado las emplea únicamente el sistema de control principal, pero no el sistema de control mínimo. Como consecuencia del menor despliegue de medios, la invención se diferencia especialmente de los aerogeneradores en los que se habla reiteradamente del mantenimiento de la plena funcionalidad del sistema de control (EP 2 136 273).

Por lo tanto, con la invención se proporciona, con un menor esfuerzo adicional, además del sistema de control principal un sistema de control mínimo con el que el aerogenerador se puede parar de forma cuidadosa. La carga para el aerogenerador es menor que en el frenado brusco del aerogenerador después de la apertura de la cadena de seguridad, es decir, cuando el aerogenerador se para lo más rápidamente posible. Al contrario que en el caso de un frenado brusco, el sistema de control mínimo considera informaciones sobre el estado del componente en el que se vaya a influir con las especificaciones de regulación. Esto significa que con el sistema de control mínimo se produce todavía un funcionamiento normal.

Entre las variables de estado consideradas en el sistema de control mínimo como conjunto parcial de variables de estado pueden contar, por ejemplo, el ángulo de paso (ángulo de inclinación de la pala del rotor), la velocidad de paso (velocidad angular a la que cambia el ángulo de inclinación) y/o el par de giro eléctrico que se opone al rotor con ayuda del generador y del convertidor. De estas variables de estado depende directamente que el aerogenerador se pueda frenar progresivamente. Es cierto que el conjunto completo de variables de estado procesado por el sistema de control principal incluya otras variables de estado que no forman parte del conjunto

parcial de variables de estado del sistema de control mínimo. Se trata fundamentalmente de variables de estado que no son relevantes cuando sólo se pretende parar el aerogenerador de forma progresiva. Entre ellas cuentan, por ejemplo, la temperatura del aceite de engranajes o las especificaciones desde el exterior en relación con la tensión, la componente reactiva, la parte angular y otros parámetros del suministro de energía. En el sistema de control

5 mínimo también se pueden dejar a un lado, por ejemplo, las temperaturas de los componentes, la dirección del viento, el estado de los equipos de comunicación, el estado del suministro de emergencia, etc..

Para conseguir la parada total del rotor es preciso que las palas del rotor adopten el paso de puesta en bandera en el que prácticamente ya no absorban ninguna energía del viento. Con el sistema de control mínimo se puede establecer el ángulo de paso correspondiente al paso de puesta en bandera. La velocidad de paso se puede reducir

10 a cero una vez alcanzado el ángulo de paso en cuestión.

A través de especificaciones idóneas respecto al ángulo de paso y a la velocidad de paso el aerogenerador se puede parar independientemente del par de giro eléctrico opuesto al rotor por el generador y el convertidor. Sin embargo, si el sistema de control mínimo determina adicionalmente especificaciones de regulación para el par de giro eléctrico se logra una regulación más precisa. Las especificaciones de regulación correspondientes se pueden

15 transmitir al convertidor. También resulta ventajoso que el sistema de control mínimo determine especificaciones de regulación para el freno del rotor.

De acuerdo con la invención se puede prever que para el funcionamiento del aerogenerador existan magnitudes relevantes para las que el sistema de control principal establezca especificaciones de regulación y que el sistema de control mínimo no lo haga por no ser necesarias para el frenado progresivo. Entre estas magnitudes están, por

20 ejemplo, los parámetros de la energía eléctrica producida. Por lo tanto, el sistema de control mínimo se puede diseñar de manera que no determine especificaciones de regulación directas para la tensión, el componente activo, la componente reactiva y/o la potencia. Ciertamente estas magnitudes son de gran relevancia para el funcionamiento normal del aerogenerador, pero cuando sólo se trata de frenarlo progresivamente carecen de importancia. Sin embargo, indirectamente el frenado progresivo influye en los parámetros de la energía eléctrica

25 producida.

Con frecuencia el sistema de control principal se diseña de modo que procese variables de estado en varios segmentos para determinar las especificaciones de regulación. Cuando todos los segmentos del sistema de control principal funcionan sin fallos es posible mantener el sistema de control principal en un estado de suspensión en el que no influye en el funcionamiento del aerogenerador. Incluso en estado de suspensión es posible aportar el

30 conjunto parcial de variables de estado al sistema de control mínimo. Si se produce un fallo, el control se puede pasar rápidamente (casi de forma inmediata) al sistema de control mínimo. El fallo se puede definir, por ejemplo, de manera que en uno de los segmentos del sistema de control principal se produzca un error tan importante que el sistema de control principal ya no pueda funcionar.

En una variante de realización ventajosa la única misión del sistema de control mínimo consiste en apagar el aerogenerador progresivamente. Por consiguiente, el sistema de control mínimo se puede limitar a la determinación de las especificaciones de regulación que provocan una reducción del número de revoluciones del rotor. Como

35 mínimo se pueden excluir todas las especificaciones de regulación que den lugar a un aumento del número de revoluciones del rotor.

Antes de que sea posible volver a poner en marcha el aerogenerador parado por medio del sistema de control mínimo, hay que subsanar el fallo del sistema de control principal. Para facilitar esta tarea conviene diseñar el sistema de control mínimo de modo que archive las informaciones sobre el estado del sistema de control principal en el momento de producirse el fallo. Las informaciones pueden incluir, por ejemplo, el segmento del sistema de control principal en el que se haya producido el fallo, la clase de error, las variables de estado relevantes para el segmento

40 así como las especificaciones de regulación determinadas por el segmento. Sobre la base de estas informaciones el técnico puede buscar el fallo con acierto. Cuando las informaciones en cuestión se transmiten a un puesto de mando alejado del aerogenerador, el técnico incluso se puede ahorrar el viaje hasta el aerogenerador.

En la mayoría de los casos los aerogeneradores se diseñan de forma que se vuelvan a poner en marcha automáticamente si las condiciones de viento son las adecuadas. Cuando un aerogenerador se para por medio del sistema de control mínimo después de un fallo del sistema de control principal, no suele ser deseable que se vuelva

50 a poner en marcha automáticamente. Por este motivo el sistema de control mínimo se puede concebir de modo que evite una reanudación automática del funcionamiento.

Existen fallos del sistema de control principal que se subsanan por sí solos a través de una parada y un nuevo arranque. Por esta razón no siempre tiene sentido que el aerogenerador se mantenga parado durante largo tiempo después de una parada por medio del sistema de control mínimo. En una variante de realización ventajosa el sistema de control mínimo sólo impide una nueva puesta en marcha automática durante un espacio de tiempo

55 determinado, a no ser que se hubiera dado orden de mantener la situación de parada. Con una orden desde el exterior, el aerogenerador se puede poner en marcha en cualquier momento.

También puede ocurrir que el fallo del aerogenerador sea tan importante que no sólo resulte afectado el correcto funcionamiento del sistema de control principal, sino también el del sistema de control mínimo. El fallo del sistema de control mínimo puede consistir en que ya no se lleve a cabo el control mínimo o en que se detecte un error en uno de los componentes necesarios para el frenado. El sistema de supervisión se puede diseñar de modo que

60

detecte estos fallos y que abra la cadena de seguridad. También es posible que el propio sistema de control mínimo abra la cadena de seguridad. El motivo de una apertura de la cadena de seguridad puede ser, por ejemplo, el hecho de que la instalación no baje de un número de revoluciones determinado dentro de un espacio de tiempo preestablecido o de que no se alcance un determinado ángulo de ataque de las palas del rotor.

- 5 El sistema de control principal y el sistema de control mínimo se pueden agrupar en una sola unidad de control. El sistema de control mínimo puede ser un segmento de la unidad de control al que, en caso de fallo, se concede prioridad frente a otros segmentos de la unidad de control.

La invención se refiere además a un procedimiento para el funcionamiento de un aerogenerador dotado de un sistema de control principal. Al sistema de control principal se aporta una pluralidad de variables de estado, determinando el sistema de control principal, a partir de estas variables de estado, especificaciones de regulación para el funcionamiento del aerogenerador. Con este procedimiento se detecta en primer lugar un fallo en la ejecución del control principal. Después del fallo, el control del aerogenerador pasa a un sistema de control mínimo que a partir de un conjunto parcial de variables de estado determina una especificación de regulación para el ángulo de paso y/o la velocidad de paso. Bajo este control el aerogenerador se va frenando hasta la parada de acuerdo con las especificaciones de regulación del sistema de control mínimo.

Con este procedimiento se puede transmitir al sistema de control mínimo una información sobre el fallo detectado en el sistema de control principal. La información sobre el fallo se puede transmitir además a un puesto de mando alejado del aerogenerador. El procedimiento se puede combinar con otras características descritas con referencia al aerogenerador según la invención.

- 20 La invención se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos y a la vista de variantes de realización ventajosas. Las figuras ilustran:

Figura 1 un aerogenerador según la invención;

Figura 2 una representación esquemática de componentes del aerogenerador de la figura 1;

Figura 3 una sección de la figura 2 de otra variante de realización de la invención y

- 25 Figura 4 una unidad de control de un aerogenerador de otra variante de realización de la invención.

El aerogenerador 10 de la figura 1 comprende una sala de máquinas 12 dispuesta en una torre 11. En la sala de máquinas 12 se encuentra un rotor 13 que presenta tres palas de rotor 16 y que está unido a un generador 18 a través de un engranaje 17 representado en la figura 2. Por medio de un convertidor 19 la energía eléctrica producida por el generador se conduce a un punto de descarga 14 para su transferencia a una red de suministro de energía 15. Por regla general el aerogenerador 10 se agrupa con otros aerogeneradores en un parque eólico, juntándose la energía eléctrica de los aerogeneradores en el punto de descarga 14.

De acuerdo con la figura 2 el aerogenerador 10 comprende un sistema de control principal 20 que recibe diferentes informaciones sobre el estado del aerogenerador o sobre las condiciones ambientales en forma de variables de estado. En las palas de rotor 16 se dispone respectivamente un control de paso 21 que regula el ángulo de paso y la velocidad de paso de la pala de rotor 16. En el convertidor 19 se prevé un control de convertidor 23 que mide las variables eléctricas, procediendo a la regulación correspondiente. La información sobre el estado real de las palas de rotor 16 y la del convertidor 19 se transmiten al sistema de control principal 20 como variables de estado. Existen otros sensores, por ejemplo un sensor del número de revoluciones para el número de revoluciones del rotor, un sensor de freno para el estado del freno o un sensor eléctrico 24 para parámetros como tensión, potencia, componente activo, componente reactiva de la energía producida. Estos sensores también transmiten variables de estado al sistema de control principal 20. La figura 2 muestra, a modo de ejemplo, algunas variables de estado que se tienen en cuenta en el sistema de control principal 20. El conjunto completo de las variables de estado consideradas en el sistema de control principal 20 comprende todavía más información que no se representa en la figura 2.

45 Sobre la base de estas variables de estado se determinan en el sistema de control principal 20 especificaciones de regulación para los componentes del aerogenerador 10. En la referencia 25 se indica la salida del sistema de control principal 20 a través de la cual las especificaciones de regulación se transmiten a los componentes del aerogenerador 10. Los componentes del aerogenerador 10 se regulan de acuerdo con las especificaciones de regulación. Para la determinación de las especificaciones de regulación el sistema de control principal 20 comprende varios segmentos 26 en los que se procesan determinadas variables de estado para obtener especificaciones de regulación determinadas. Cuando el sistema de control principal 20 se realiza en forma de programa de control, en el que se ejecutan paralelamente diferentes tareas, los segmentos 26 pueden corresponder a las tareas del programa de control.

Si en uno de los segmentos 26 se produce un fallo, ya no se puede garantizar el funcionamiento del aerogenerador 10. El fallo puede consistir, por ejemplo, en que el programa de control ya no se siga ejecutando, es decir, "se para". Existe el riesgo de que los componentes del aerogenerador no reciban las especificaciones de regulación o que reciban especificaciones incorrectas y que por este motivo aparezcan efectos no deseados, por ejemplo vibraciones. Como consecuencia, el aerogenerador 10 no puede funcionar por más tiempo bajo el control del sistema de control

principal 20. El sistema de control principal 20 comprende un módulo de supervisión 28 que comprueba constantemente si se ha producido un fallo de este tipo.

El aerogenerador 10 posee adicionalmente, para el caso de fallo, un sistema de control mínimo 27. El sistema de control mínimo 27 no recibe el conjunto completo de variables de estado, tal como se procesa en el sistema de control principal 20, sino únicamente un conjunto parcial de variables de estado. En el ejemplo de realización de la figura 2 el conjunto parcial de variables de estado comprende las informaciones del sensor de paso 21 de la pala de rotor 16 así como las informaciones del sensor de par de giro 23 del convertidor 19. Las informaciones sobre la temperatura del aceite de engranajes o sobre los parámetros de la energía eléctrica producida, por ejemplo, no forman parte del conjunto parcial de variables de estado.

El sistema de control mínimo 27 se ha concebido para determinar, a base del conjunto parcial de variables de estado, especificaciones de regulación que permitan una parada progresiva del aerogenerador 10. Para esta finalidad basta con el conjunto parcial de variables de estado. Cuando el aerogenerador 10 funciona bajo el control del sistema de control mínimo 27, no se trata de continuar con la producción de energía eléctrica, sino únicamente de frenar el aerogenerador 10 en un proceso regulado y de reducir al máximo las cargas causadas por el frenado del rotor 13. Estas cargas son reducidas, especialmente si se comparan con las cargas que se producen en caso de un frenado brusco después de la apertura de la cadena de seguridad.

Para que en caso de fallo el control sobre el aerogenerador 10 se pueda pasar del sistema de control principal 20 al sistema de control mínimo 27 se prevé en el sistema de control principal 20 un módulo de supervisión 28 con el que se comprueba constantemente la aparición de un fallo en el sistema de control principal 20. Cuando el módulo de supervisión 28 detecta un fallo en el sistema de control principal 20, el módulo de supervisión 28 transfiere el control sobre el aerogenerador 10 del sistema de control principal 20 al sistema de control mínimo 27. Los componentes del aerogenerador 10 cumplen después las especificaciones de regulación del sistema de control mínimo 27 en lugar de las especificaciones de regulación del sistema de control principal 20. El sistema de control mínimo transmite los valores teóricos del par de giro al convertidor 19, a fin de reducir el par de giro de acuerdo con un proceso preestablecido. Para las palas de rotor 16 se establece una velocidad de paso teórica a la que las palas de rotor 16 deben desplazarse en dirección a la posición final. A continuación se activa una rampa de paso mediante el envío de una orden correspondiente a un controlador de paso. Como consecuencia se recorre la rampa calculada y las palas de rotor 16 se desplazan hasta una posición parametrable.

Una vez frenado el aerogenerador 10 bajo el control del sistema de control mínimo 27, es deseable que el funcionamiento normal del aerogenerador 10 se pueda reanudar lo antes posible. Mientras perdure el fallo en el sistema de control principal 20, no se puede restablecer el servicio. Con la invención se pretende contribuir a que el fallo del sistema de control principal se pueda subsanar con rapidez. Conforme a la figura 3 se prevé en el sistema de control principal 20 un escáner 29 que lee permanentemente informaciones sobre el estado del sistema de control principal 20. Las informaciones pueden referirse, por ejemplo, al área de memoria o a las tareas del sistema de control principal 20, en las que se hubiera producido el fallo, al tipo de fallo, a las variables de estado relevantes para las tareas 26 así como a las especificaciones de regulación determinadas por la tarea 26.

Cuando el módulo de supervisión 28 transfiere el control sobre el aerogenerador 10, después de un fallo en el sistema de control principal 20, al sistema de control mínimo 27, el módulo de supervisión 28 puede transmitir al mismo tiempo las informaciones del escáner 29 al sistema de control mínimo 27. El sistema de control mínimo 27 archiva las informaciones en un módulo de memoria 30 y las transmite, en caso de necesidad, a un puesto de mando alejado del aerogenerador 10 a través de una línea de comunicación 31. De este modo se le facilita al técnico la búsqueda del fallo del sistema de control principal 20.

En la variante de realización de la figura 4 se agrupan el sistema de control principal 20 y el sistema de control mínimo 37 en una unidad de control conjunta 32. Los elementos que forman parte del sistema de control principal 20 se indican con una línea trazada a rayas. El sistema de control mínimo 27 es uno de varios segmentos 26 de la unidad de control 32. Con el módulo de supervisión 28 se confiere al segmento del sistema de control mínimo 27 preferencia frente a los restantes segmentos cuando el módulo de supervisión 28 detecta un fallo en el sistema de control principal 20. En este caso el aerogenerador 10 está bajo el control del sistema de control mínimo 27.

REIVINDICACIONES

1. Aerogenerador con un sistema de control principal (20) al que se aporta un conjunto de variables de estado que, a partir de las variables de estado, determina especificaciones de regulación para el funcionamiento del aerogenerador (10), previéndose además un sistema de control mínimo (27) y un módulo de supervisión (28), determinando el sistema de control mínimo (27), a base de un conjunto parcial de variables de estado, una especificación de regulación para un ángulo de paso y/o para la velocidad de paso y vigilando el módulo de supervisión (28) el sistema de control principal (20) para transferir el control sobre el aerogenerador (10), en caso de un fallo en la ejecución del control principal (20), al sistema de control mínimo (27), caracterizado por que el conjunto parcial de variables de estado comprende el par de giro eléctrico y/o por que el sistema de control mínimo (27) determina una especificación de regulación para el par de giro eléctrico.
2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el conjunto parcial de variables de estado comprende el ángulo de paso y/o la velocidad de paso.
3. Aerogenerador según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el sistema de control mínimo (27) determina una especificación de regulación para un freno de rotor.
4. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el sistema de control mínimo (27) no determina ninguna especificación de regulación para los parámetros de la energía eléctrica producida.
5. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el sistema de control mínimo (27) se limita a establecer especificaciones de regulación que tengan como consecuencia una reducción del número de revoluciones del rotor.
6. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el sistema de control mínimo (27) se diseña para impedir una nueva puesta en marcha automática del aerogenerador.
7. Sistema de control mínimo según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que en caso de fallo en el sistema de control mínimo (27) se abre la cadena de seguridad.
8. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el sistema de control principal y el sistema de control mínimo se agrupan en una unidad de control (32).
9. Procedimiento para el funcionamiento de un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador (10) un sistema de control principal (20) al que se aporta una pluralidad de variantes de estado y que a partir de las variables de estado determina especificaciones de regulación para el funcionamiento del aerogenerador (10), con los siguientes pasos:
 - a. detección de un fallo en la ejecución del control principal (20);
 - b. transferencia del control sobre el aerogenerador (10) a un sistema de control mínimo (27) que sobre la base de un conjunto parcial de variables de estado determina una especificación de regulación para el ángulo de paso y/o la velocidad de paso;
 - c. frenado del aerogenerador (10) hasta la parada según las especificaciones de regulación del sistema de control mínimo (27),caracterizado por que el conjunto parcial de variables de estado comprende el par de giro eléctrico y/o por que el sistema de control mínimo (27) determina una especificación de regulación para el par de giro eléctrico.
10. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la información sobre el fallo se transmite a un puesto de mando alejado del aerogenerador (10) y/o se archiva en el sistema de control mínimo (27).

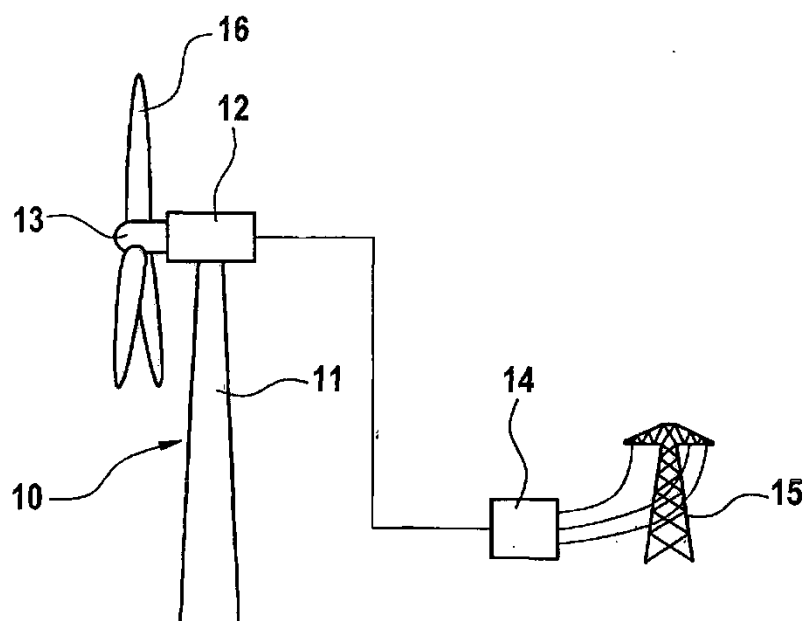
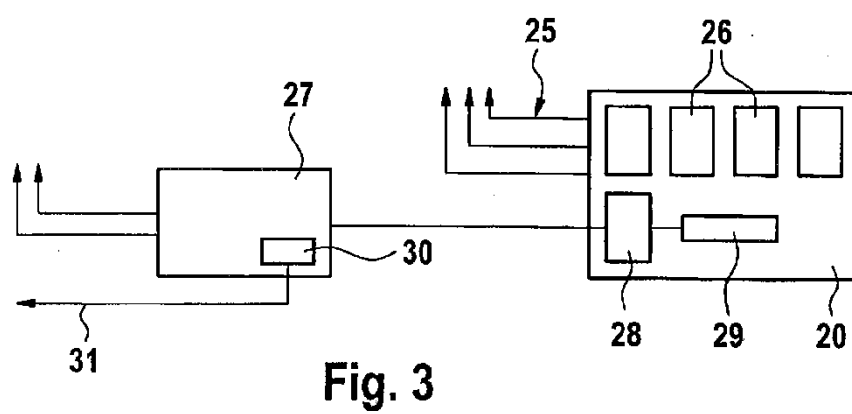
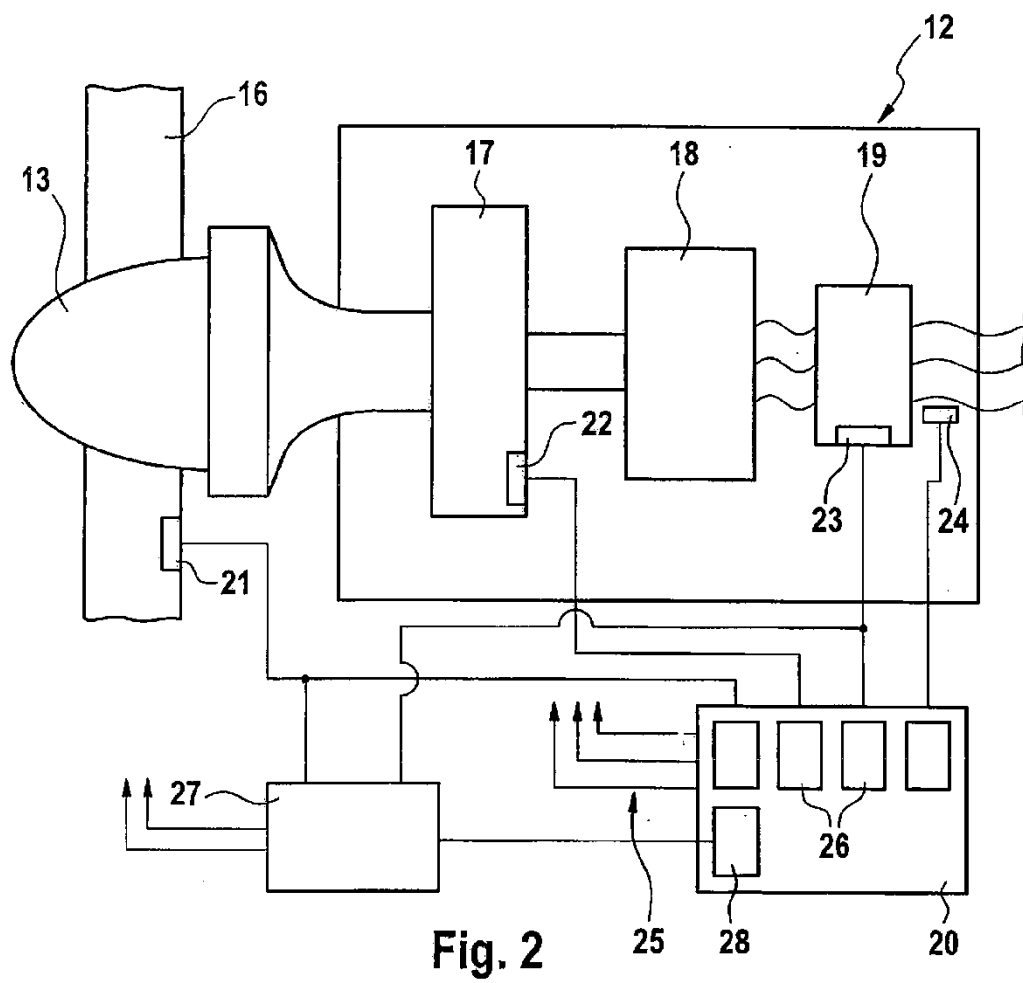


Fig. 1



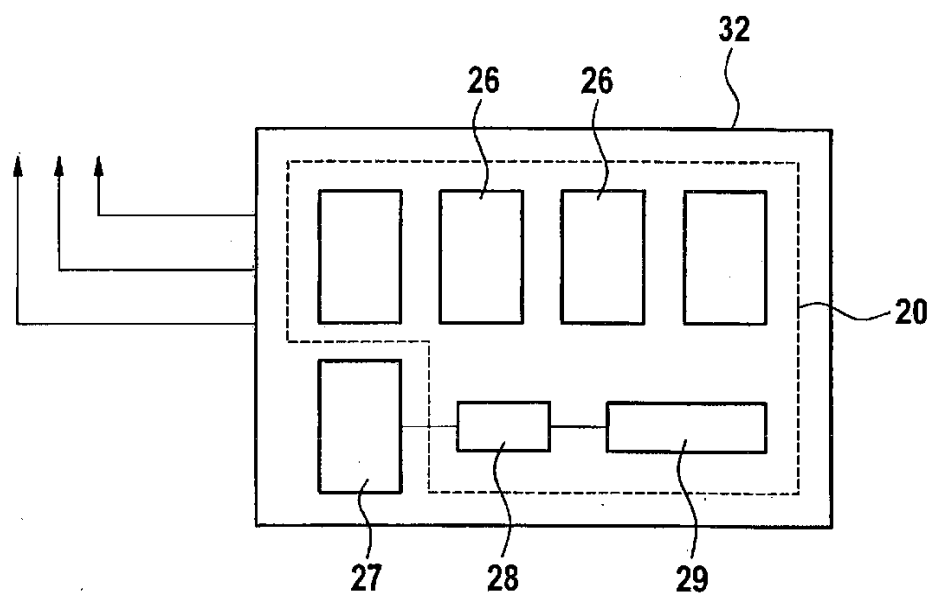


Fig. 4