

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 442**

51 Int. Cl.:
F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06762842 .0**
- 96 Fecha de presentación: **26.07.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1910670**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2008**

54 Título: **Planta de energía eólica con instalaciones individuales de regulación del paso**

30 Prioridad:
26.07.2005 DE 102005034899

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.03.2012

73 Titular/es:
**REpower Systems SE
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:
KRÜGER, Thomas

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 377 442 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

Planta de energía eólica con instalaciones individuales de regulación del paso.

La invención se refiere a una planta de energía eólica y a un procedimiento para su explotación tal como se define en los preámbulos de las reivindicaciones. Esta clase de plantas de energía eólica se conocen por ejemplo por el documento WO O2/44561 o el documento WO 2005/021 962.

Las plantas de energía eólica, y en particular los de las categorías de potencia superiores, se están dotando cada vez más con rotores cuyas aspas de rotor tienen el ángulo de incidencia regulable. Se habla en este caso de aspas de rotor de paso regulable. Frente a las plantas de energía eólica convencionales que dominan en las categorías de potencia menores, equipadas con aspas de rotor fijas, las llamadas plantas de energía eólica reguladas de calado, ofrecen la ventaja de que al regular las aspas del rotor se puede influir en la potencia mecánica extraída del viento e inyectada en el sistema de rotor/generador de la planta de energía eólica. Esto ofrece ventajas, especialmente en el caso de altas velocidades del viento, tanto en lo que se refiere al grado de rendimiento sino también a la calidad de regulación en comparación con las instalaciones con regulación de calado con aspas de rotor fijas. Otra ventaja importante de las fuentes de energía eólica con aspas de rotor de paso regulable es que en el caso de producirse una avería se tiene la posibilidad de efectuar una parada rápida de emergencia de la planta de energía eólica, ajustando las aspas del rotor a una posición de puesta en bandera. En el caso de averías o al tener que efectuar una parada por motivos de seguridad, por ejemplo debido a fuertes vientos tempestuosos, se puede conseguir de este modo que el rotor se comporte como una bandera y no ejerza ya ningún par de giro sobre el árbol del rotor o el generador.

Para efectuar el ajuste de las aspas del rotor se conocen diversos sistemas. Por una parte existen las llamadas instalaciones de regulación centralizada del paso, en las que mediante un actuador situado en la góndola de la planta de energía eólica o en el buje del rotor se puede efectuar una regulación conjunta de las aspas del rotor, generalmente por procedimiento hidráulico. Esta clase de instalaciones de regulación del paso centralizadas tienen la ventaja de que son sencillas en cuanto a su regulación y su construcción generalmente es poco costosa. Por otra parte es conocido el procedimiento de prever para cada aspa del rotor una instalación de regulación del paso individual para ajustar el ángulo de incidencia de esta aspa del rotor. Las instalaciones individuales de regulación del paso generalmente están realizadas con actuación hidráulica o eléctrica, y se controlan desde una instalación de control centralizada de orden superior de la planta de energía eólica. El mando puede efectuarse de tal modo que las aspas del rotor se accionan de modo conjunto (colectivo), o que se ajusten individualmente (de modo cíclico) a lo largo de una revolución del rotor. Además de la posibilidad de efectuar el ajuste cíclico, las instalaciones individuales de regulación del paso ofrecen también la ventaja de que permiten efectuar una regulación independiente, incluso durante el régimen de emergencia, si fallan componentes de la planta. Así por ejemplo, incluso en el caso de que falle una instalación individual de regulación del paso, se puede llevar con las restantes el rotor esencialmente a una posición de bandera, de modo que en todo caso actúe todavía un par reducido sobre el generador. Esta clase de plantas de energía eólica se conocen por el documento DE-A-197 39 164.

Uno de los inconvenientes de las plantas de energía eólica conocidas con aspas de rotor regulables es que durante la regulación de emergencia se provocan unas cargas mecánicas elevadas. Al efectuar con rapidez el ajuste de las aspas del rotor mientras el rotor está todavía en funcionamiento se produce una variación del empuje axial casi a saltos, con lo cual se puede excitar la subestructura provocando oscilaciones desfavorables. Esto se puede intensificar porque en las instalaciones individuales de regulación de paso las aspas del rotor se accionan con diferente rapidez, con lo cual pueden llegar a producirse desequilibrios y otras cargas.

Partiendo del estado de la técnica citado últimamente, la invención tiene como objetivo perfeccionar una planta de energía eólica de la clase citada inicialmente de tal modo que durante el funcionamiento permita efectuar una parada segura evitando cargas peligrosas en un caso de avería.

La solución conforme a la invención consiste en una planta de energía eólica o en un procedimiento que presenta las características de las reivindicaciones independientes. Unos perfeccionamientos ventajosos constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes.

La invención se basa en la idea de que las instalaciones individuales de regulación del paso están realizadas de tal modo que puedan reconocer automáticamente los casos de avería y a continuación muevan en el caso de avería las aspas del rotor a la posición de parada, sin tener que depender para ello de la correspondiente señal procedente de la instalación de control centralizada. Las instalaciones individuales de regulación de paso están por lo tanto capacitadas para reconocer de forma autárquica un caso de avería y reaccionar correspondientemente, es decir llevar el aspa del rotor que le corresponda en cada caso a la posición segura de parada. Para ello se vigila la regulación de las aspas del rotor no sólo durante el caso de avería sino también durante el régimen de funcionamiento normal, de modo que las eventuales desviaciones que puedan surgir respecto al estado de consigna se puedan controlar y compensar directamente. Para ello se adapta el movimiento de las aspas del rotor a las necesidades respectivas que pueden estar dadas en cada caso por la velocidad del viento, la turbulencia, la dirección de incidencia o el estado de funcionamiento de la planta de energía eólica o de las restantes instalaciones individuales de regulación del paso. De este modo se puede conseguir gracias a la

invención un comportamiento óptimo de la regulación de las aspas del rotor, especialmente para el caso de la parada, es decir del movimiento de las aspas del rotor a la posición de desconexión.

5 Mediante la acción directa e independiente sobre las distintas aspas del rotor se puede conseguir de este modo una parada segura de la planta de energía eólica incluso en el caso de que fallen algunos componentes individuales o si se pierde la comunicación. Un fallo de una o varias instalaciones individuales de regulación del paso se puede reconocer y tener en cuenta al efectuar la regulación de las aspas del rotor pasándolas a la posición de desconexión. De este modo resulta posible gracias a la invención realizar una parada segura de la planta de energía eólica, incluso al estar sometida a las cargas máximas y en caso de fallo de componentes esenciales, en particular de los componentes de regulación del paso. Además, mediante el correspondiente retroacoplamiento entre la instalación individual de regulación del paso y el aspa del rotor accionada por ésta se puede reducir al mínimo la carga para el aspa del rotor propiamente dicho, así como para el conjunto de la planta de energía eólica.

En comparación con una parada incontrolada conforme al estado de la técnica, se pueden evitar o por lo menos reducir las elevadas cargas que aparecen convencionalmente durante la parada gracias a las instalaciones de regulación de paso individuales que presentan una cierta inteligencia propia para el reconocimiento y tratamiento de casos de avería.

15 El regulador comprende preferentemente un selector que está acoplado de tal modo con el detector de casos de avería que según el estado de funcionamiento emplea un régimen de regulación alternativo. Se entiende aquí por régimen de regulación las magnitudes que determinan el comportamiento de conducción y averías el regulador, inclusive los valores o secuencias especificadas para las magnitudes de conducción. Con frecuencia sucede que para los reguladores hay disponibles diversos regímenes de regulación. Mediante el selector se tiene la posibilidad de elegir un régimen de regulación variado, dependiendo del estado de avería que se haya reconocido y eventualmente teniendo también en cuenta las condiciones ambientales tales como en particular la intensidad del viento, la turbulencia o la incidencia oblicua. Esto puede estar realizado modificando los parámetros del regulador, o en forma de unos perfiles de parada distintos memorizados, de entre los cuales se elige uno. Por ejemplo se puede modificar como parámetro un factor de amplificación de tal modo que las aspas del rotor se accionen con una primera velocidad de ajuste hasta alcanzar un ángulo de posición del aspa crítico, modificando a continuación mediante el selector el valor de amplificación de tal modo que se continúe el movimiento con una segunda velocidad de ajuste más reducida. Pero también puede estar previsto de forma alternativa o adicional que el selector conmute a otro perfil de parada. Convenientemente está previsto un detector de conmutación. Está realizado para determinar en qué punto de funcionamiento se modifica el régimen del regulador.

30 Mediante el detector de conmutación se puede realizar el ajuste de las aspas del rotor para pasar a la posición de desconexión, en la forma siguiente. Al comienzo del proceso de desconexión se mueven las aspas del rotor con una velocidad de ajuste elevada para alcanzar lo más rápidamente posible la posición de bandera. El detector de conmutación determina un ángulo crítico de ajuste de las aspas, a partir del cual varían las condiciones aerodinámicas en el rotor de tal modo que el empuje axial ejercido por la fuerza del viento sobre el rotor de la planta de energía eólica cambia de signo, es decir que se produciría un empuje axial negativo. Si se continuase funcionando con una velocidad de ajuste invariable tal como se realiza en el estado de la técnica, se podrían llegar a producir fuertes oscilaciones de reacción de la torre debido al empuje axial negativo, lo cual en el caso de una carga estructural elevada de la planta de energía eólica debida a condiciones meteorológicas o fallos de componentes, ya podrían dar lugar a daños e incluso a destrucciones. Para evitar esto, el detector de conmutación determina el ángulo de ataque crítico de las aspas y a continuación modifica los parámetros de regulación de tal modo que se reduzca la velocidad de ajuste. El restante proceso de frenado transcurre entonces con mayor suavidad, se reduce notablemente la creación de empuje negativo del rotor y se contrarresta de este modo el riesgo de que surjan daños. Para este fin el detector de conmutación está realizado de tal modo que emplea como magnitudes de entrada diversos parámetros específicos de la planta y específicos del entorno, en particular la velocidad del viento, las revoluciones y la potencia. Esta adaptación a las condiciones actuales permite conseguir una importante reducción de la carga en comparación con los sistemas conocidos en los que en un caso de avería se llevan a la posición de parada las tres aspas del rotor reguladas de modo totalmente síncrono con una velocidad de ajuste de las aspas constante, predeterminada.

50 La instalación individual de regulación del paso presenta convenientemente unos captadores de medida dispuestos en el rotor. De este modo está capacitada para obtener las señales de medida necesarias de modo autónomo y sin recurrir a la instalación de control centralizado y sus sensores o de tratamiento de señales. Como captadores de medida pueden estar previstos en particular un sensor del ángulo de ajuste de las aspas del rotor, un sensor del ángulo de posición del rotor, un transductor de las revoluciones del rotor, un sensor de la aceleración longitudinal, un sensor de la aceleración transversal, un sensor de la aceleración de rotación, un sensor de aceleración centrífuga, avisadores de incendios y/o un sensor de carga en la raíz de las aspas del rotor.

55 Las instalaciones individuales de regulación del paso están dotadas convenientemente de un módulo de emergencia que en el caso de fallar los restantes componentes, especialmente el regulador, provoca un movimiento de emergencia hacia la posición de desconexión. De este modo la instalación individual de regulación de paso está capacitada para llevar automáticamente el aspa del rotor a su posición de desconexión mediante un movimiento de emergencia en el caso de

que falle el regulador. El movimiento de emergencia se realiza convenientemente sin regular, de modo que el fallo del regulador o de los elementos de la instalación de medida no tiene ninguna influencia en el movimiento de emergencia.

Es conveniente que las instalaciones individuales de regulación del paso estén unidas entre sí en el interior del rotor a través de una conexión de comunicación directa. De este modo se consigue que aunque falle la instalación de control centralizada y/o la conexión de comunicación que conduce a ella las instalaciones individuales de regulación del paso se puedan comunicar entre sí. La transmisión directa de datos tiene la ventaja de que las instalaciones individuales de regulación del paso se pueden sincronizar directamente entre sí e intercambiar señales de medida entre ellas. Por este motivo no es necesario que en cada una de las instalaciones individuales de regulación del paso estén presentes todos los sensores de medida, pudiendo ser suficiente con prever un sensor de medida una sola vez en una instalación de regulación del paso. Los datos de medida suministrados por este sensor se pueden suministrar a otras instalaciones individuales de regulación del paso a través de la conexión de comunicación directa, para su aprovechamiento. También se pueden comprobar a través de la comunicación los sensores que estén presentes de forma múltiple, verificando su plausibilidad con el fin de detectar rápidamente los fallos de los sensores. De este modo se puede incrementar la seguridad y al mismo tiempo limitar el gasto adicional necesario para ello.

Con el fin de que en el caso de fallo de la instalación de control central sea posible conducir con seguridad las distintas instalaciones individuales de regulación del paso, está equipada preferentemente por lo menos una instalación individual de regulación del paso con un módulo maestro, que en el caso de fallo de la instalación de control centralizado lleve a cabo un control de orden superior de las demás instalaciones individuales de regulación del paso. Esto no solamente mejora el comportamiento en un caso de fallo de la instalación de control centralizado sino también durante una eventual interrupción temporal de la conexión de comunicación con la instalación de control centralizado. Durante este tiempo el módulo maestro se ocupa de la conducción de las demás instalaciones individuales de regulación del paso. En cuanto se restablece la comunicación con la instalación de control centralizado entonces toma el mando aquélla; si no se vuelve a restablecer la conexión entonces al cabo de un determinado tiempo de espera el módulo maestro activa la instalación de disparo. El módulo maestro está integrado preferentemente en el regulador de la instalación individual de regulación del paso, pero también puede estar realizado como unidad autónoma en el buje del rotor. En este último caso está previsto convenientemente que la comunicación entre las instalaciones individuales de regulación del paso se conduzca a través del módulo maestro. El concepto de instalación de control centralizado comprende todos los componentes que establecen la funcionalidad con el control de orden superior de la planta de energía eólica. Pero también puede consistir en varios componentes repartidos que estén acoplados entre sí a través de una red de datos (tal como por ejemplo un sistema de bus).

Para poder llevar a cabo de modo conveniente las supervisiones antes citadas, el detector de casos de avería comprende preferentemente por lo menos un módulo filial que está o están realizados para vigilar el estado de funcionamiento de las demás instalaciones individuales de regulación del paso. Mediante el módulo filial se pueden reconocer o transmitir en particular señales que se refieran a un disparo o a un fallo de una de las instalaciones individuales de regulación del paso. Si una de las demás instalaciones individuales de regulación del paso ha detectado un estado de funcionamiento anormal y por este motivo activa la instalación de disparo, llevando por lo tanto el aspa de rotor correspondiente a la posición de desconexión, entonces las restantes instalaciones individuales de regulación del paso pueden reconocer esto a través de su respectivo módulo filial. De este modo están capacitadas para accionar también sus instalaciones de disparo y conseguir con ello una parada síncrona de las aspas del rotor. Con el fin de obtener una seguridad comparable también cuando falle una instalación individual de regulación del paso, está previsto en ese caso que en caso de fallo o defecto de una de las otras instalaciones individuales de regulación del paso se accione la instalación de disparo. Por último está previsto también preferentemente que en el caso de realizar un movimiento de emergencia, el módulo filial de otra instalación individual de regulación del paso provoque que las restantes instalaciones individuales de regulación del paso accionen sus dispositivos de disparo. Mediante el selector conforme a la invención se tiene la posibilidad de que en el caso de que se produzca un fallo o de un detrimento del funcionamiento de una instalación individual de regulación del paso, las otras instalaciones individuales de regulación del paso modifiquen sus reguladores de tal modo que a pesar del fallo o del detrimento quede garantizada una parada segura y cuidadosa.

Para conseguir una seguridad especialmente alta contra fallos, también frente a eventuales daños mecánicos, se ha previsto preferentemente una comunicación de señales inalámbrica entre las instalaciones individuales de regulación del paso para un estado de disparo/fallo. Esto tiene la ventaja de que no se requieren vías de señal estructurales sino que la comunicación se puede realizar directamente a través del aire. Por lo tanto los daños que puedan sufrir las conexiones por cable o sus conectores, por ejemplo debido a exceso de revoluciones o a vibraciones considerables, no van por lo tanto en detrimento de la seguridad de la transmisión de las señales. La comunicación de señales inalámbrica permite establecer una comunicación incluso en el caso de que por lo menos una instalación individual de regulación del paso haya accionado el dispositivo de disparo o haya fallado, incluso si han fallado tanto las conexiones de comunicación regulares a través de la instalación de control centralizado así como la conexión de comunicación directa de las instalaciones individuales de regulación del paso entre sí. Es conveniente realizar la comunicación de señales inalámbricas lo más segura posible contra interferencias. Preferentemente se realizará como una comunicación de señales luminosas. Convenientemente está realizada la comunicación por señales luminosas de tal modo que la

transmisión de la señal tenga lugar de forma codificada. De este modo se consigue un alto nivel de seguridad contra interferencias frente a influencias debidas a la luz ambiental o los rayos en caso de tormenta. Mediante diferentes codificaciones se pueden transmitir también otras señales, por ejemplo reconocimiento de un movimiento de emergencia.

5 El regulador lleva convenientemente también un módulo de control de precisión que está realizado para efectuar un ajuste cíclico de las aspas del rotor de tal modo que quede reducida al mínimo la carga mecánica. Mediante el módulo de control de precisión está cada instalación individual de regulación del paso en condiciones de ajustar autónomamente por sí sola su respectiva aspa del rotor de forma cíclica. Durante el régimen de funcionamiento normal esto tiene lugar por transmisión de datos desde la instalación de control centralizada. De acuerdo con la invención la instalación individual de regulación del paso puede proseguir el ajuste cíclico con su módulo de control de precisión de modo autárquico incluso si 10 se interrumpe la comunicación con la instalación de control centralizada. A través de la conexión de comunicación directa pueden determinar las instalaciones individuales de regulación del paso el ajuste cíclico con independencia de la instalación de control centralizada, modificando por lo tanto también parámetros del módulo de control de precisión tal como por ejemplo la amplitud y ángulo de fase del ajuste cíclico. De este modo se conservan las ventajas obtenidas con el ajuste cíclico de las aspas. Esto también es aplicable incluso si al parar la planta se ajustan las aspas en el rotor de modo colectivo en la dirección de la posición de parada, pudiendo seguir realizándose mediante el módulo de control de precisión los ajustes cíclicos convenientes para la carga de la planta en un régimen de superposición. Para conseguir un alto grado de redundancia está previsto preferentemente que el módulo de control de precisión esté dotado de un sensor del ángulo de posición del rotor descentralizado asignado a la instalación individual de regulación del paso. El módulo de control de precisión está perfeccionado convenientemente de tal modo que al reconocer el fallo de una de las 20 instalaciones individuales de regulación del paso, las restantes modifican el ajuste cíclico de tal modo que se reduzcan al mínimo las cargas de la planta de energía eólica, especialmente del rotor y de la torre. Gracias al módulo de control de precisión la regulación cíclica de las aspas actúa de forma robusta para prevenir el fallo de las instalaciones individuales de regulación del paso. Precisamente en una situación en la que haya fallado una instalación individual de regulación del paso y las consiguientes cargas asimétricas es especialmente ventajoso si la funcionalidad de ajuste cíclico de las restantes instalaciones individuales de regulación del paso actúan oponiéndose al incremento de carga.

La invención se refiere además a una planta de energía eólica según la reivindicación 17. Esta variante se diferencia de la descrita anteriormente principalmente porque durante el régimen de funcionamiento normal el control de las funciones del rotor no se realiza de forma descentralizada por las instalaciones individuales de regulación del paso, sino de modo centralizado, bien por medio del control centralizado o por un sistema centralizado de control del buje. De acuerdo con esta variante de la invención el sistema de control del buje dispone de un detector de averías. La avería es reconocida por el sistema de control del buje y las instalaciones individuales de regulación del paso se controlan en la medida necesaria. Para este fin no se requieren reguladores propios en las instalaciones individuales de regulación del paso, pudiendo prescindirse por lo tanto de éstos. En las instalaciones individuales de regulación del paso pueden estar previstos detectores de avería adicionales, pero esto no es imprescindible. Esta variante de la invención se caracteriza porque prevé 35 en el buje con un detector de casos de avería una funcionalidad de vigilancia que es independiente de la instalación de control centralizado y de la conexión de comunicación. Con ello también queda garantizada la parada si la instalación de control centralizado y/o la conexión de comunicaciones con ella están perturbadas. El gasto necesario para ello es mínimo ya que en el caso más sencillo basta con que el sistema de control del buje presente un detector de averías común para las instalaciones individuales de regulación del paso. El sistema de control del buje puede estar limitado a un cometido central, que es la vigilancia de la avería. Esto permite realizar una estructura sencilla del sistema de control del buje con las correspondientes ventajas para la seguridad de funcionamiento. Esta variante de la invención es por lo tanto especialmente adecuada como seguridad última para asegurar en cualquier caso la parada controlada de la planta de energía eólica.

Se sobreentiende que en esta variante estén previstos convenientemente captadores de medida para el sistema de control del buje tales como un transductor de las revoluciones del rotor, un sensor de la posición del rotor, un sensor de la aceleración longitudinal, un sensor de la aceleración transversal, un sensor de la aceleración de rotación, un sensor de la aceleración centrífuga y/o un avisador de incendios en el rotor. De este modo el sistema de control del buje resulta en gran medida autárquico e independiente de la instalación de control centralizado. En un perfeccionamiento conveniente el sistema de control del buje dispone además de un módulo maestro. Con ello se consigue que la "inteligencia" para el control de la función del rotor propiamente dicha esté dispuesta en el buje de modo autárquico. La instalación de control centralizado solamente tiene que efectuar en este caso cometidos de orden superior y es informada por el sistema de control del buje sobre el respectivo estado de la planta por medio de señales de estado. Hay que señalar que de forma adicional el sistema de control del buje también puede estar previsto para garantizar la continuidad de funcionamiento en caso de un fallo de la correspondiente función en la instalación de control centralizado. La invención se refiere además al correspondiente procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica que presenta las características de la reivindicación de procedimiento independiente 19. Unos perfeccionamientos ventajosos del procedimiento constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes.

En cuanto a una explicación más detallada del procedimiento y de los componentes empleados para ello se remite a lo expuesto anteriormente.

La invención se explica a continuación haciendo referencia al dibujo en el que están representados ejemplos de realización ventajosos. Éstos muestran:

- la figura 1 una vista de conjunto esquemática de una planta de energía eólica conforme a la invención;
- la figura 2 una vista frontal que representa el ángulo de incidencia de las aspas del rotor y de la posición del rotor;
- 5 la figura 3 una vista de conjunto esquemática de una instalación individual de regulación del paso conforme a la invención;
- la figura 4 un esquema de bloques esquemático del regulador de la instalación individual de regulación del paso representada en la fig. 3;
- la figura 5 un detalle ampliado de una parte de un rotor en la zona del alojamiento de la raíz del aspa;
- la figura 6 un diagrama que representa el ajuste del ángulo de ataque del aspa en un caso de avería; y
- 10 la figura 7 una vista semejante a la fig. 3 en una variante de la invención conforme a un segundo ejemplo de realización.

El ejemplo de realización representado en la figura 1 de una planta de energía eólica conforme a la invención comprende como subestructura una torre 1. En su extremo superior está dispuesta de modo giratoria en un plano horizontal (plano acimutal) una góndola 2. Para el ajuste acimutal está prevista una instalación de seguimiento del viento (no representada). En un lado frontal de la góndola está dispuesto un rotor 3 con un buje 30 a través de un árbol de rotor 31 con movimiento giratorio respecto a la góndola. A través del árbol del rotor 31 está accionado un generador 5 situado en la góndola 2. El generador 5 transforma la energía mecánica aportada a través del árbol del rotor 31 en energía eléctrica, que a través de un convertidor 51 se facilita para la inyección en una red de corriente, a través de unas conexiones de transmisión que no están representadas. Para el control de la planta de energía eólica y para la conducción de la explotación en función de criterios especificables desde el exterior se ha previsto una instalación de control centralizado 55. Esto corresponde hasta 15 aquí a la estructura básica conocida de una planta de energía eólica.

El rotor 3 comprende varias aspas de rotor 4 (generalmente tres, uniformemente distribuidas a lo largo del perímetro), que están situadas en un buje del rotor 3 con posibilidad de ajuste angular. Se entiende por ajuste angular el ángulo del aspa del rotor 4 respecto al plano de giro 33 del rotor. Dado que las aspas del rotor generalmente presentan una torsión para determinar el ángulo de incidencia de forma adicional se determina una cuerda de perfil principal cuyo ángulo respecto al plano de giro del rotor 33 es determinante. El aspa del rotor 4 está fijada al buje del rotor 3 en su raíz del aspa 41, con posibilidad de realizar un movimiento de giro alrededor de su eje longitudinal por medio de un cojinete de bolas 43. Para ajustar el ángulo de incidencia, que en lo sucesivo se designa por θ , está situada en cada aspa del rotor 4 una instalación individual de regulación del paso. 25

La instalación individual de regulación del paso 6 comprende un regulador 60 y un accionamiento de ajuste 7. El accionamiento de ajuste 7 comprende un motor eléctrico 71 de velocidad regulable que por medio de una transmisión de ruedas dentadas 72 actúa sobre una corona dentada 73 dispuesta a prueba de torsión en el perímetro exterior de la raíz del aspa 41 del aspa del rotor 4. A través de la transmisión 72 y de la corona dentada 73 se transmiten las fuerzas o pares necesarios para girar el aspa del rotor 4. Cuando se mueve el motor eléctrico 71 el aspa del rotor 4 gira según el sentido de giro del motor eléctrico 71 para alcanzar un ángulo de incidencia θ menor o mayor. La instalación individual de regulación del paso 6 comprende además un módulo de emergencia 80. Éste comprende una instalación de alimentación de energía 81 y un bloque de conmutación del mando 82. Éste está preparado para poder llevar el aspa del rotor 4 a una posición de desconexión segura mediante la energía acumulada en la instalación acumuladora de energía 81 en caso de fallo del regulador 60 o de fallo de la alimentación regular de energía. La posición de desconexión segura es la posición de bandera. Está definida por aquella posición angular en la que el aspa del rotor 4 ofrece la mínima resistencia al viento que incide paralelo al árbol de rotor 34. Normalmente en esta posición de desconexión el aspa del rotor 4 no transmite ningún par de giro al árbol del rotor 31, si bien esto no tiene que ser forzosamente así. El accionamiento de ajuste y/o el módulo de emergencia no tienen por qué estar realizados obligatoriamente de modo eléctrico sino que también pueden ser hidráulicos. 30 35 40

A continuación se explica con mayor detalle la estructura de la instalación individual de regulación del paso 6. En el centro se encuentra el regulador 60. Éste está unido a la instalación de control centralizada 55 a través de una conexión de comunicación 56. La conexión de comunicación 56 pasa a través de un transmisor rotativo 57 situado en la transición entre el buje del rotor 30 y la góndola 2. También está conectada otra conexión de comunicación, concretamente una conexión de comunicación directa 36. Ésta está situada en el interior del buje del rotor 30 y une entre sí las instalaciones individuales de regulación del paso asignadas a las distintas aspas del rotor 4. Se trata preferentemente de una conexión convencional por cable, por ejemplo un bus serial rápido que por motivos de redundancia conecta las instalaciones individuales de regulación del paso directamente en forma de anillo. Por último está situada en el regulador 60 también una unidad de transmisión/recepción para una conexión por señal luminosa 76. Está realizada para formar una comunicación con las restantes instalaciones individuales de regulación del paso 6 en el buje del rotor 30, independiente 45 50

de las vías de transmisión por cable.

La instalación individual de regulación del paso 6 comprende además una instalación de medida 61 a la que están conectados varios captadores de medida para distintos parámetros que en su conjunto están designados por la referencia 62. También puede estar previsto que los datos captados por los captadores de medida 62' se traten mediante un sistema de tratamiento de señales 62"; esto puede servir especialmente para determinar a partir de otras magnitudes que se puedan medir las magnitudes que no se puedan medir directamente. Los parámetros son por ejemplo las revoluciones del rotor 3, el ángulo de incidencia del aspa del rotor 4 accionado por la respectiva instalación individual de regulación del paso 6, el ángulo de incidencia de las demás aspas del rotor 4, el ángulo de posición del rotor φ del rotor 3, la carga mecánica del aspa del rotor 4, la aceleración longitudinal o transversal del buje del rotor 30, valores medidos y estimados de la velocidad y dirección del viento, así como valores correspondientes a la potencia eléctrica generada. Por último puede estar previsto también un transductor de vibraciones para determinar los desequilibrios del rotor 3.

El regulador 60 comprende un núcleo del regulador 63. Éste está realizado para llevar a cabo el ajuste del ángulo de incidencia θ de la correspondiente aspa del rotor 4 mediante unos algoritmos de regulación de por sí conocidos, de acuerdo con las especificaciones de la instalación de control centralizado 55. El núcleo del regulador 62 presenta una conexión de conducción 77 a la cual están aplicadas señales de magnitudes de conducción de la instalación de control centralizado 55. A partir de las magnitudes de entrada alimentadas a través de la instalación de medida 61, de las señales alimentadas a través de la conexión de comunicación 56, especialmente de las señales de las magnitudes de conducción, de la instalación de control centralizado 55 y eventualmente por otras señales a través de la conexión de comunicación directa 36, determina las señales de excitación para el accionamiento de ajuste 7. Las señales de excitación pueden ser un ángulo colectivo de incidencia de las aspas, un ángulo cíclico de incidencia de las aspas con información de fases, así como perfiles de parada. Los perfiles de parada pueden ser determinados de modo preventivo y continuo por la instalación de control centralizado 55 en función de las condiciones ambientales y de la explotación, para ser transmitidas a las instalaciones individuales de regulación del paso 6. Tal como se ha explicado anteriormente, el accionamiento de ajuste 7 provoca el giro del aspa del rotor 4 alrededor de su eje longitudinal con el fin de modificar el ángulo de incidencia θ .

El regulador 60 comprende además un detector de casos de avería 64. Éste está preparado para reconocer a partir de los parámetros medidos o determinados por la instalación de medida 61 si y cuando existe un estado de funcionamiento anormal de la planta de energía eólica. Los parámetros evaluados por el detector de casos de avería 64 incluyen en particular el ángulo de incidencia θ del aspa del rotor 4 accionado por la respectiva instalación individual de regulación del paso 6, los ángulos de incidencia θ de las restantes aspas del rotor 4, el ángulo de posición del rotor φ del aspa del rotor 4 con relación al movimiento de rotación alrededor del eje del rotor, la carga mecánica del aspa del rotor 4, en particular en forma del par de flexión que actúa en la raíz del aspa 41 y/o la aceleración del buje del rotor 30 en la dirección del eje del árbol del rotor 31. El detector de casos de avería 64 está preparado para reconocer, mediante unos algoritmos preajustables, cuándo existe un estado de funcionamiento anormal. El detector de casos de avería 64 está además unido a través de la conexión de comunicación 56 con la instalación de control centralizado 55. Puede estar realizado para vigilar la conexión de comunicación 56 con la instalación de control centralizado y/o la conexión de comunicación directa 36 con las restantes instalaciones individuales de regulación del paso 4.

A una de las salidas del detector de casos de avería 64 está conectada ahora una instalación de disparo 65. Se acciona cuando el detector de casos de avería 64 detecta una variación respecto al estado de consigna. El dispositivo de disparo 65 provoca que el regulador 60 abandone el programa normal y ejecute un programa de parada con el fin de llevar el aspa del rotor 4 a la posición de desconexión. Para ello está previsto un régimen especial del regulador 67. El régimen del regulador 67 está formado por parámetros del núcleo del regulador 63 y de programas de parada que describen el ajuste del ángulo de incidencia θ para alcanzar la posición de desconexión. Si existen varios programas de parada entonces mediante un selector 68 se puede elegir un perfil de parada adecuado según la desviación reconocida por el detector de casos de avería 64.

Para realizar todo el ajuste hasta llegar a la posición de desconexión se puede emplear más de un solo perfil de parada. Con frecuencia sucederá que o bien se modifica un perfil de parada o se cambia a otro perfil de parada. Para ello está previsto un detector de conmutación 66. Éste está realizado para determinar cuándo ha de efectuarse convenientemente una conmutación para pasar a otro perfil de parada o cuándo ha de realizarse una modificación de un parámetro del regulador. Con el fin de evitar que las distintas instalaciones individuales de regulación del paso 6 efectúen la conmutación en tiempos distintos y con ello provoquen asimetrías adicionales en el rotor, es conveniente sincronizar los puntos de conmutación de las tres instalaciones individuales de regulación del paso 6. Para ello los detectores de conmutación 66 de las respectivas instalaciones individuales de regulación del paso 6 están acoplados convenientemente de tal modo que la conmutación de todas las instalaciones individuales de regulación del paso 6 tenga lugar al detectar el primer rebasamiento (o también el último) del ángulo crítico del aspa. La conmutación es especialmente conveniente realizarla después de que dos aspas del rotor hayan rebasado el ángulo de aspa crítico.

El regulador 60 comprende además un variador 69 realizado para modificar los parámetros del regulador. De este modo, en un caso de avería se pueden modificar de modo selectivo parámetros de regulación tales como el coeficiente P con las

constantes de tiempo, dependiendo del estado de funcionamiento. Esto permite llevar a cabo modificaciones dinámicas mientras está en marcha el programa de parada. El programa de parada no se recorre por lo tanto de modo esquemático sino que según necesidad y basándose en el estado de funcionamiento medido se pueden efectuar modificaciones. Esto se va a explicar con el ejemplo de las revoluciones del rotor 3. Éstas se captan de forma continua por medio de la instalación de medida 61. Mediante el detector de conmutación 66 se determina si el proceso de frenado del rotor 3 provocado por el ajuste de las aspas del rotor 4 transcurre según lo planificado. Si esto no fuese así sino que las revoluciones del rotor incluso fuesen en aumento, por ejemplo debido a que haya arreciado mucho el viento, se modifica el régimen del regulador. Esto puede hacerse de modo que el variador 69 incremente un coeficiente previsto para un elemento proporcional del núcleo del regulador 63, de modo que también aumente una señal de excitación para el accionamiento de ajuste 7 y se trabaje con una velocidad de ajuste mayor de la prevista originalmente. Mediante esta modificación se puede reaccionar de modo flexible incluso a fallos del sistema que surjan durante la parada. Así en particular se puede compensar un fallo de una de las instalaciones individuales de regulación del paso 4, de modo que las restantes instalaciones individuales de regulación del paso 4 elijan una velocidad de ajuste correspondientemente superior.

El selector 68 o el variador 69 se pueden emplear ventajosamente también para proteger la planta de energía eólica contra sobrecargas estructurales. Si está prevista por ejemplo una instalación de medida de la carga de las aspas del rotor en la raíz del aspa del rotor 41, se puede emplear también esta señal. Si rebasa un determinado umbral, se rebaja correspondientemente la velocidad de ajuste para evitar la sobrecarga del rotor. Una medición de este tipo se puede emplear también ventajosamente para el detector de conmutación 66. Así por ejemplo para determinar el ángulo crítico de ajuste del aspa con el fin de evitar un empuje negativo del rotor se puede recurrir al sensor de la carga del aspa del rotor ya que al alcanzar el ángulo de ajuste del aspa crítico la carga aerodinámica del aspa del rotor adopta un valor cero. En el caso de fallo de un sistema individual de regulación del paso no se puede compensar totalmente la asimetría resultante. En cambio se conmuta a un perfil de parada que permita la solución de compromiso mejor posible entre asimetría y efecto de frenado. En caso de necesidad también se pueden emitir unas señales de ajuste adicionales, por ejemplo a un freno de disco (no representado) para el árbol del rotor 31.

Mediante la conexión de comunicación directa 36, las instalaciones individuales de regulación del paso 6 de las aspas del rotor 4 están unidas entre sí directamente en el interior del buje del rotor 30. La conexión de comunicación directa 36 tiene la ventaja de que no se tiene que pasar a través de un transmisor rotativo 37 a la instalación de control centralizada 55, tal como sucede con la conexión de comunicación 56. De este modo no se plantean problemas de fiabilidad, en particular los debidos a desgaste. Gracias a la conexión de comunicación directa 36, la instalación individual de regulación del paso 6 puede aplicar una señal a las restantes instalaciones individuales de regulación del paso 6 si su detector de casos de avería 64 acciona el dispositivo de disparo 65. De este modo, en aquellos casos en que la parada no es activada de modo centralizado por la instalación de control centralizado 55, se puede garantizar también la reacción sincrónica de las instalaciones individuales de regulación del paso 6. Por otra parte también es posible realizar una supervisión recíproca de las instalaciones individuales de regulación del paso 6. De este modo se pueden hacer realidad unas funcionalidades de seguridad ampliadas en cada instalación individual de regulación del paso, por ejemplo el reconocimiento de fallo de otra de las instalaciones individuales de regulación del paso 6. De este modo se puede reconocer un fallo, en particular un fallo total, por una de las otras instalaciones individuales de regulación del paso 6, y en la medida de lo posible se puede señalar a la instalación de control centralizado 55 a través la conexión de comunicación 56. Si falla por ejemplo el regulador de una instalación individual de regulación del paso 6, de modo que el detector de casos de avería 64 provoca a través de la instalación de disparo 65 una parada no regulada de esta instalación individual de regulación del paso 6, una estrategia ventajosa destinada a evitar asimetrías consiste en que se emplea el valor real del paso de esta instalación individual de regulación del paso como valor de consigna para las otras dos instalaciones individuales de regulación del paso (eventualmente con un decalaje para compensar el desfase de tiempo). En caso de necesidad se superpone a este ajuste sincrónico un ajuste cíclico por medio de un módulo de control de precisión (véase el párrafo siguiente). A través de la conexión de comunicación directa 36 puede efectuarse además un intercambio de señales de medida. De este modo se tiene la posibilidad de facilitar los valores de medida de los distintos sensores de medida 62 de una de las instalaciones individuales de regulación del paso 6 a las otras instalaciones individuales de regulación del paso 6.

Por último está previsto también un módulo de control de precisión 74. Éste está realizado para efectuar un ajuste cíclico individual de las aspas del rotor 4 durante una rotación del rotor. Este ajuste cíclico se superpone al ajuste colectivo de las aspas del rotor 4. El ajuste cíclico de las aspas permite compensar asimetrías tales como pueden surgir en particular debido a diferentes condiciones de incidencia del flujo a lo largo de la superficie del rotor. Éstas pueden aparecer debido a diferente intensidad del viento, dirección del viento o condiciones de flujo a lo largo de la superficie cubierta por el rotor 3. Además pueden resultar otras diferencias debido a plantas de energía eólica contiguas que se encuentren en régimen de aceleración o de marcha por inercia. Con un ajuste cíclico de las aspas se puede reducir también en situaciones con diferentes condiciones de incidencia las cargas adicionales resultantes que actúan sobre la planta de energía eólica. Esto permite lograr en particular un comportamiento más favorable en el caso de flujos de incidencia oblicua (vertical y/o horizontal) ya que los pares de cabeceo o balanceo debidos a la asimetría se pueden reducir mediante el ajuste cíclico por medio del módulo de control de precisión. Esto es también aplicable para aquellas circunstancias de asimetría tal como las

causadas por los fallos de componentes. En el caso de que falle una instalación individual de regulación del paso 6 se puede reducir la asimetría resultante de aquello mediante un ajuste cíclico superpuesto de las restantes instalaciones individuales de regulación del paso 6 y reducir de este modo la elevada carga adicional soportada por la planta de energía eólica. Lo mismo es aplicable en el caso de un fallo de la instalación de seguimiento del viento (no representada).

5 Durante el funcionamiento normal las instalaciones individuales de regulación del paso trabajan dependiendo de la instalación de control centralizado 55. Reciben señales de mando y de conducción, especialmente para el ángulo de incidencia que se ha de ajustar de modo colectivo en todas las aspas del rotor, para los ángulos de ajuste cíclicos de las aspas mediante información de fases para el ajuste individual adicional del aspa del rotor así como perfiles preventivos de parada que están calculados como convenientes para las respectivas condiciones ambientales y de trabajo. Si surge entonces un caso de avería, bien por fallo de la instalación de control centralizado 55 o de partes de ésta, un fallo de las conexiones de comunicación 36, 56, un fallo de la red o del generador, unos parámetros anormales tales como en particular exceso de revoluciones del rotor 3 o una fuerte aceleración del rotor 3, esto es detectado por el detector de casos de avería 64. Si se supone por ejemplo un fallo de la conexión de la comunicación 56 debido a un defecto en el transmisor rotativo 57, entonces en régimen normal la avería sería reconocida por la instalación de control centralizado 55 que transmitiría las señales correspondientes a las instalaciones individuales de regulación del paso 6. Pero debido al fallo de la conexión de comunicación 56 ya no es posible realizar la transmisión de las señales. De acuerdo con la invención, las instalaciones individuales de regulación del paso 6 están capacitadas para reconocer ellas mismas un caso de avería, y lo hacen mediante el detector de casos de avería 64. En el caso de que se produzca un reconocimiento el detector de casos de avería 64 activa el dispositivo de disparo 65. Esto generalmente equivale a una parada de la planta de energía eólica, es decir que las aspas del rotor 4 se conducen a la posición de desconexión. Pero a diferencia de una parada normal, el ajuste de las aspas del rotor tiene lugar durante la desconexión de emergencia por un caso de avería con rapidez para alcanzar rápidamente el estado de desconexión seguro.

Supongamos que el detector de casos de avería 64 ha reconocido que ha surgido un caso de avería en forma de una interrupción de la conexión de comunicaciones 56. Activará el dispositivo de disparo que a su vez provoca que el regulador 60 pase a un régimen de regulación para efectuar la parada, debiendo efectuarse la parada rápidamente pero sin riesgo para la seguridad. A continuación se explicará cómo sucede esto y se hará mediante el ejemplo de evitar un empuje negativo del rotor. Si durante la parada se ajusta el aspa del rotor 4 con gran rapidez, entonces en función del respectivo estado de funcionamiento y de las condiciones ambientales puede suceder que se invierta el sentido del empuje axial ejercido por las fuerzas del viento sobre el árbol del rotor 31. Se habla entonces de empuje negativo del rotor. No se desea que aparezca un empuje negativo del rotor ya que representa una modificación de la carga para la planta de energía eólica, y en particular en qué torre 1 puede dar lugar a oscilaciones de reacción, que no pocas veces dan lugar a daños estructurales. Convencionalmente existe el riesgo de que al ajustar con rapidez el aspa del rotor 4, el empuje del rotor se vuelve negativo a partir de un ángulo de incidencia crítico del aspa. Si bien este riesgo se puede solventar con una velocidad de ajuste más lenta, pero esto tendría el inconveniente de que las aspas del rotor 4 sólo alcanzan su posición de parada más tarde, y que por lo tanto se frena más lentamente el rotor 3; ahora bien esto puede dar lugar a exceso de revoluciones y por lo tanto a problemas de seguridad. En la figura 6 está representada la variación en el tiempo del ángulo de incidencia θ . En el momento t_1 el detector de casos de avería 64 reconoce una avería y acciona el dispositivo de disparo 65. Al inicio del proceso de parada el selector 68 elige un régimen del regulador 67 en el que se prevé una elevada velocidad de ajuste. Si en el momento t_2 el detector de conmutación 66 reconoce que se ha alcanzado un ángulo de incidencia crítico de las aspas θ_0 resultante de las condiciones de trabajo y de las condiciones ambientales, entonces provoca una modificación del régimen del regulador 67 por medio del selector 68 o de los parámetros de regulación, de tal modo que se obtenga una velocidad de ajuste más baja. De este modo se evita que aparezca un empuje negativo del rotor y el restante proceso de frenado transcurre entonces con mayor suavidad y supone una carga menor para la planta de energía eólica. Al mismo tiempo se puede mantener un eventual ajuste cíclico previsto de las aspas con sus características positivas para la estabilidad del sistema. El ajuste cíclico de las aspas permite en particular reducir la aparición de intensos pares de cabeceo y balanceo, especialmente en el caso de una incidencia oblicua fuerte tal como por ejemplo en el caso de rachas de viento cambiantes o si falla el dispositivo de seguimiento del viento. Esto es una gran ventaja, especialmente durante las paradas de emergencia, ya que debido al estado de funcionamiento anormal de la planta de energía eólica ya no está necesariamente garantizado que la góndola 2 esté orientada exactamente en la dirección del viento.

Durante la parada se vigila naturalmente no sólo una magnitud tal como el empuje del rotor, sino varias. Tiene especial importancia la vigilancia de las revoluciones del rotor 3. Si éstas aumentan de forma no planificada, debido por ejemplo a que haya refrescado el viento, entonces se sigue modificando el régimen del regulador mediante el selector 68 y el variador 69. Esto puede consistir, tal como ya se ha indicado, en un cambio del perfil de parada y/o en una modificación de los parámetros del regulador.

Si el detector de casos de avería 64 de la instalación individual de regulación del paso 6 reconoce que ha fallado otra instalación individual de regulación del paso, entonces se acciona el dispositivo de disparo 65. Dado que al fallar una de las instalaciones individuales de regulación del paso 6 generalmente hay que contar con que aparezcan cargas superiores debidas a la asimetría, se efectúa mediante el selector 68 la elección de otro perfil de parada que sea adecuado para ello.

De este modo se puede conseguir también en este caso que las cargas que aparezcan sean reducidas. Se sobreentiende que el perfil de parada no se recorre rígidamente de modo esquemático sino que gracias al detector de conmutación 66 se pueden modificar los parámetros o perfiles de parada mediante el selector 68 y el variador 69. Lo mismo es aplicable si en una de las instalaciones individuales de regulación del paso 6 ha disparado el módulo de emergencia 80 y se está realizando un movimiento de emergencia. Durante el régimen de emergencia ya no se puede influir en el proceso de ajuste. Las instalaciones individuales de regulación del paso 6 que todavía están en funcionamiento seleccionan o modifican su régimen de regulación de tal modo que se mantengan lo más reducidas posibles las cargas para la planta de energía eólica.

El detector de casos de avería 64 también puede ser parte de un sistema de control del buje 58. Éste asume la función de vigilancia y en caso de necesidad provoca la parada, y esto con independencia de la instalación de control centralizado 55. Durante el régimen normal, la transmisión de las señales de control desde la instalación de control centralizado 55 al sistema de control del buje 58 tiene lugar en la forma descrita a través del transmisor rotativo 57 y de la línea de señales 56. El detector de casos de avería asignado al sistema de control del buje 58 tiene una estructura correspondiente al detector de casos de avería 64 que se ha descrito con anterioridad. Pero actúa ahora como unidad de reconocimiento central que realiza precisa y únicamente la vigilancia en cuanto a casos de avería. Si se reconoce un caso de avería se aplican a las instalaciones individuales de regulación del paso las señales correspondientes para efectuar la parada. El sistema de control del buje 58 puede estar dotado de un sistema de sensores propio, fijo al rotor, o bien recurre a través de la línea de control del buje 59 y de la conexión de comunicación directa 36 a los captadores de medida 62, 62' de las instalaciones individuales de regulación del paso 6. En ambos casos resulta posible por lo tanto el funcionamiento autónomo del sistema de control del buje 58. Opcionalmente puede estar previsto además que el sistema de control del buje 58 incluya un módulo maestro. De este modo se consigue amplia independencia del sistema de control del buje 58 respecto a la instalación de control centralizado, no sólo en cuanto a la función de vigilancia sino también con vistas al régimen de funcionamiento normal. Esto presenta en particular la ventaja de que las averías en la conexión tales como pueden aparecer por ejemplo debido al transmisor rotativo 57, no tienen influencia negativa para el funcionamiento del sistema de control del buje 58 en su conjunto y para el funcionamiento de las instalaciones individuales de regulación del paso 6 en particular. Se sobreentiende que en el caso de un fallo del sistema de control del buje 58 las instalaciones individuales de regulación del paso 6 pueden proceder de modo autónomo del mismo modo que se ha descrito anteriormente en relación con un fallo de la instalación de control centralizado 55.

Con el fin de que la comunicación crítica dentro del buje del rotor 3 sea más segura, está prevista la comunicación óptica 76. Sirve para indicar mediante códigos de destellos la confirmación del dispositivo de disparo 65 de una instalación individual de regulación del paso 6 o la parada en régimen de emergencia. Para ello la comunicación por señales luminosas 76 comprende un emisor de luz y un foto detector. Los códigos de destellos están elegidos de tal modo que se puedan diferenciar con seguridad de las oscilaciones de la luz natural del medio ambiente o de tormentas. De este modo está asegurada la señalización de la parada a todas las instalaciones individuales de regulación del paso 6 incluso en el caso de un fallo total de las comunicaciones, tanto de la conexión de comunicación con la instalación de control centralizado 56 como también de la conexión de comunicación directa, por ejemplo debido a un daño del buje del rotor 30 causado por cuerpos extraños.

Por último, la instalación individual de regulación del paso 6 puede comprender un módulo de monitorización 79. Éste está realizado para efectuar automáticamente una vigilancia de la instalación individual de regulación del paso 6 y transmitir para ello a la instalación de control centralizado 55 señales relativas al estado de funcionamiento y de la instalación de medición. Esto es especialmente conveniente si las instalaciones individuales de regulación del paso 6 reciben durante el régimen de funcionamiento normal señales de control y conducción procedentes de la instalación de control centralizado 55. En este caso es necesario que la instalación de control centralizado 55 reciba una señal cuando esté accionado el dispositivo de disparo 65. Con ello se puede evitar que el ajuste autónomo de las aspas debido al módulo maestro sea sobrerregulado o por señales procedentes de la instalación de control centralizado 55. La instalación de medida 61 puede incluir además un módulo estadístico (no representado). De este modo se pueden recopilar datos de medida a lo largo de un período de tiempo prolongado para someterlos a una evaluación estadística. Esto permite efectuar una vigilancia continua e incluso predictiva. Con ello se amplían las posibilidades de reconocer fallos, en particular se pueden reconocer mejor a tiempo.

REIVINDICACIONES

- 1.- Planta de energía eólica con un generador (5) para producir energía eléctrica, un rotor (3) que acciona el generador (5) con unas aspas de rotor (4) de paso regulable y con una instalación de control centralizada,
- 5 estando previstas unas instalaciones individuales de regulación del paso (6) para las aspas del rotor (4), que comprende un accionamiento de ajuste (7), una conexión de comunicación (56) con la instalación de control centralizado (55) y un regulador (60), pudiendo ajustarse las aspas del rotor (4) a una posición de desconexión para efectuar la parada de la planta de energía eólica,
- caracterizada porque**
- 10 las instalaciones individuales de regulación del paso (6) comprenden además de un detector propio de casos de avería (64) y una instalación propia de disparo (65), estando realizado el detector de casos de avería (64) para identificar situaciones de funcionamiento anormales y estado unido con la instalación de disparo (65) que provoca el ajuste del aspa de rotor respectiva (4) a una posición de desconexión.
- 2.- Planta de energía eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el regulador (60) comprende un selector (68) que está acoplado con el detector de casos de avería (64) de tal modo que según el estado de funcionamiento se emplea un régimen de regulación alternativo.
- 15 3.- Planta de energía eólica según la reivindicación 2, **caracterizada porque** el regulador (60) comprende un detector de conmutación (69) que está realizado para determinar un punto de conmutación para el régimen de regulación.
- 4.- Planta de energía eólica según la reivindicación 2 o 3, **caracterizada porque** el régimen del regulador comprende parámetros del regulador (60), en particular factores de amplificación o constantes de tiempo.
- 20 5.- Planta de energía eólica según la reivindicación 4, **caracterizada porque** el régimen del regulador comprende perfiles de parada (67).
- 6.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizada porque** el selector (68) y/o el detector de conmutación (69) están realizados de tal modo que las aspas del rotor (4) se accionan con una primera velocidad de ajuste hasta alcanzar un ángulo crítico de incidencia del aspa y a continuación con una segunda velocidad de ajuste menor.
- 25 7.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la instalación individual de regulación del paso (6) comprende captadores de medida (62) dispuestos en el rotor (3) para una instalación de medida (61).
- 8.- Planta de energía eólica según la reivindicación 7, **caracterizada porque** como captadores de medida (62) están previstos un sensor del ángulo de incidencia de las aspas del rotor, un transductor de las revoluciones del rotor, un sensor de la posición del rotor, un sensor de la aceleración longitudinal, un sensor de la aceleración transversal, un sensor de la aceleración de rotación, un sensor de la aceleración centrífuga, un avisador de incendios y/o un sensor de carga.
- 30 9.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la instalación individual de regulación del paso (6) está dotada de un módulo de emergencia (80) que en el caso de que fallen los restantes componentes, en particular el regulador (60), provoca un movimiento de emergencia hasta la posición de desconexión.
- 35 10.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las instalaciones individuales de regulación del paso (6) están unidas entre sí por medio de una conexión de comunicación directa (36) situada en el interior del rotor (3).
- 11.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** por lo menos una instalación individual de regulación del paso (6) incluye un módulo maestro (75), que en caso de fallo de la instalación de control centralizado (55) actúa como módulo de control del buje para las restantes instalaciones individuales de regulación del paso (6).
- 40 12.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el detector de casos de avería (64) comprende por lo menos un módulo filial que está realizado para identificar un disparo, un fallo y/o una marcha de emergencia de una de las otras instalaciones individuales de regulación del paso (6).
- 45 13.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** estar prevista una comunicación de señales inalámbrica, en particular una comunicación por señales luminosas (76) entre las instalaciones individuales de regulación del paso (6) para un estado de disparo/fallo.
- 14.- Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el regulador (60)

comprende un módulo de control de precisión (74) que está realizado para efectuar un ajuste cíclico de las aspas del rotor (4).

5 15.- Planta de energía eólica según la reivindicación 14, **caracterizada porque** el módulo de control de precisión (74) está realizado para efectuar el ajuste cíclico con independencia de las restantes instalaciones individuales de regulación del paso (6).

16.- Planta de energía eólica según la reivindicación 14 o 15, **caracterizada porque** el módulo de control de precisión (74) está dotado de un sensor descentralizado de la posición del rotor correspondiente a la instalación individual de regulación del paso (6).

10 17.- Planta de energía eólica con un generador (5) para producir energía eléctrica, un rotor (3) que acciona el generador (5), con unas aspas de rotor (4) de paso ajustable y una instalación de control centralizado, estando previstas instalaciones individuales de regulación del paso (6) para las aspas del rotor (4) que incluyen un accionamiento de ajuste (7), pudiendo ajustarse las aspas del rotor (4) en una posición de desconexión para efectuar la parada de la planta de energía eólica,

15 siendo las instalaciones individuales de regulación del paso (6) parte de un sistema de control del buje (58) fijo en el rotor, que comprende captadores de medida y una conexión de comunicación (58) con la instalación de control centralizado,

caracterizada porque

20 el sistema de control del buje (58) comprende adicionalmente un detector de casos de avería propio (64) y una instalación propia de disparo (65), estando realizado el detector de casos de avería (64) para identificar estados de funcionamiento anormales, unido con una instalación de disparo que provoca el ajuste de las aspas del rotor (4) mediante la correspondiente instalación individual de regulación del paso, a una posición de desconexión.

18.- Planta de energía eólica según la reivindicación 17, **caracterizada porque** como captadores de medida están previstos un transductor de las revoluciones del rotor, un sensor de la posición del rotor, un sensor de aceleración longitudinal, un sensor de aceleración transversal, un sensor de aceleración de rotación, un sensor de aceleración centrífuga y/o un avisador de incendios.

25 19.- Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con un generador (5) para producir energía eléctrica, un rotor (3) que acciona el generador (5) con unas aspas de rotor de paso ajustable (4) y una instalación de control centralizado (55), modificándose el ángulo de incidencia de las aspas del rotor (4) por medio de instalaciones individuales de regulación del paso (6) que comprenden un accionamiento de ajuste (7), una conexión de comunicación (56) con la instalación de control centralizado (55) y un regulador (60), llevándolas a una posición de desconexión para efectuar la parada de la planta de energía eólica,

caracterizado por

la identificación descentralizada de un estado de funcionamiento anormal **mediante** detectores de casos de avería (64) en las instalaciones individuales de regulación del paso y el accionamiento de una instalación de disparo de tal modo que **mediante** el ajuste de la respectiva aspa del rotor se llevan las aspas del rotor a la posición de desconexión.

35 20.- Procedimiento según la reivindicación 19, **caracterizado por** la selección autárquica de un régimen de regulación alternativa por medio de las instalaciones individuales de regulación del paso (6).

21.- Procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado por** la determinación autárquica de un punto de conmutación para el régimen de regulación por las instalaciones individuales de regulación del paso (6).

40 22.- Procedimiento según la reivindicación 20 ó 21, **caracterizado por** el empleo de perfiles de parada (67) y/o parámetros del regulador (60) para el régimen de regulación.

23.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 20 a 22, **caracterizado por** el empleo de un régimen de regulador en el cual se ajustan las aspas del rotor (4) con una primera velocidad de ajuste hasta alcanzar un ángulo crítico de incidencia del aspa y a continuación mediante la selección autárquica de un régimen de regulación distinto, con una segunda velocidad de ajuste menor.

45 24.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 23, **caracterizado por** el accionamiento de la instalación de ajuste (7) por medio de un módulo de emergencia (80) de la instalación individual de regulación del paso (6).

25.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 24, **caracterizado por** la comunicación directa de las instalaciones individuales de regulación del paso (6) por medio de una conexión de comunicación directa (36) situada en el interior del rotor (3).

26.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 25, **caracterizado por** realizarse la identificación descentralizada de tal modo que se capta un disparo, un fallo y/o una marcha de emergencia de una de las otras instalaciones individuales de regulación del paso (6).

5

27.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 26, **caracterizado por** la señalización independiente de un estado de disparo/fallo, en particular mediante señales luminosas.

28.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 27, **caracterizado por** la determinación descentralizada de un ajuste cíclico para cada aspa del rotor (4), de tal modo que se reduzca al mínimo la carga mecánica.

29.- Procedimiento según la reivindicación 28, **caracterizado por** la realización independiente del ajuste cíclico para cada una de las instalaciones individuales de regulación del paso (6), de modo independiente entre sí.

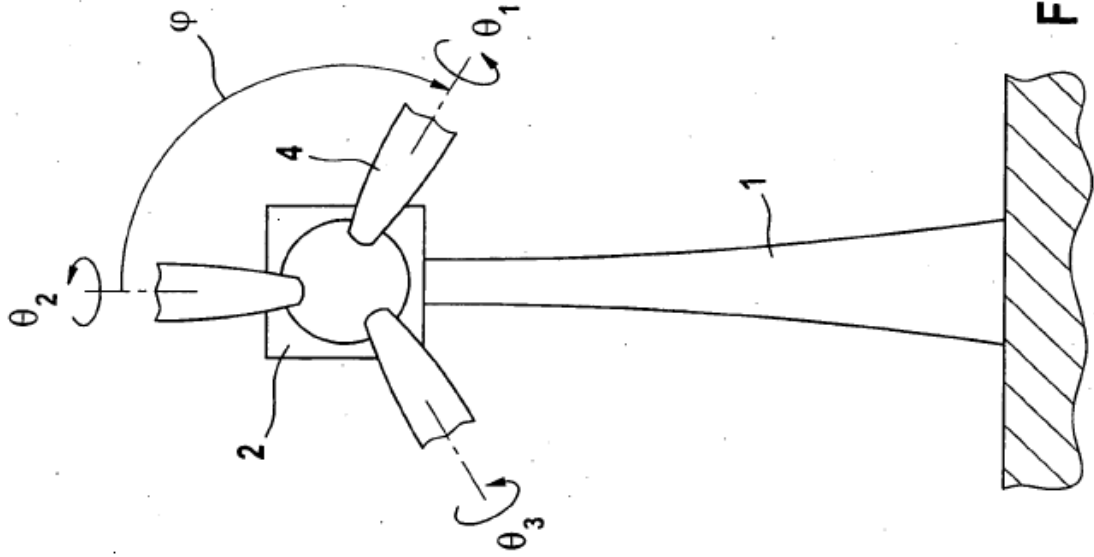


Fig. 2

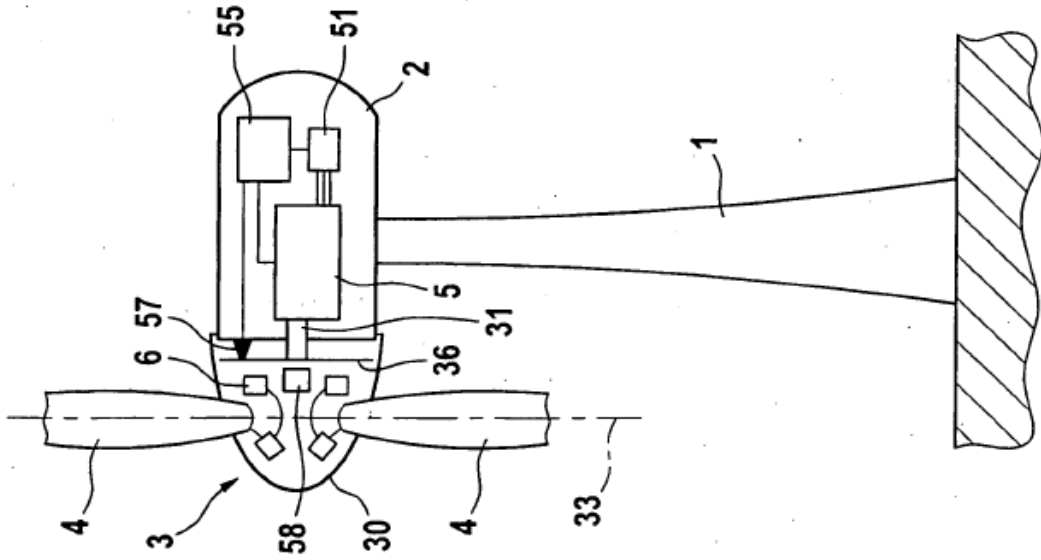


Fig. 1

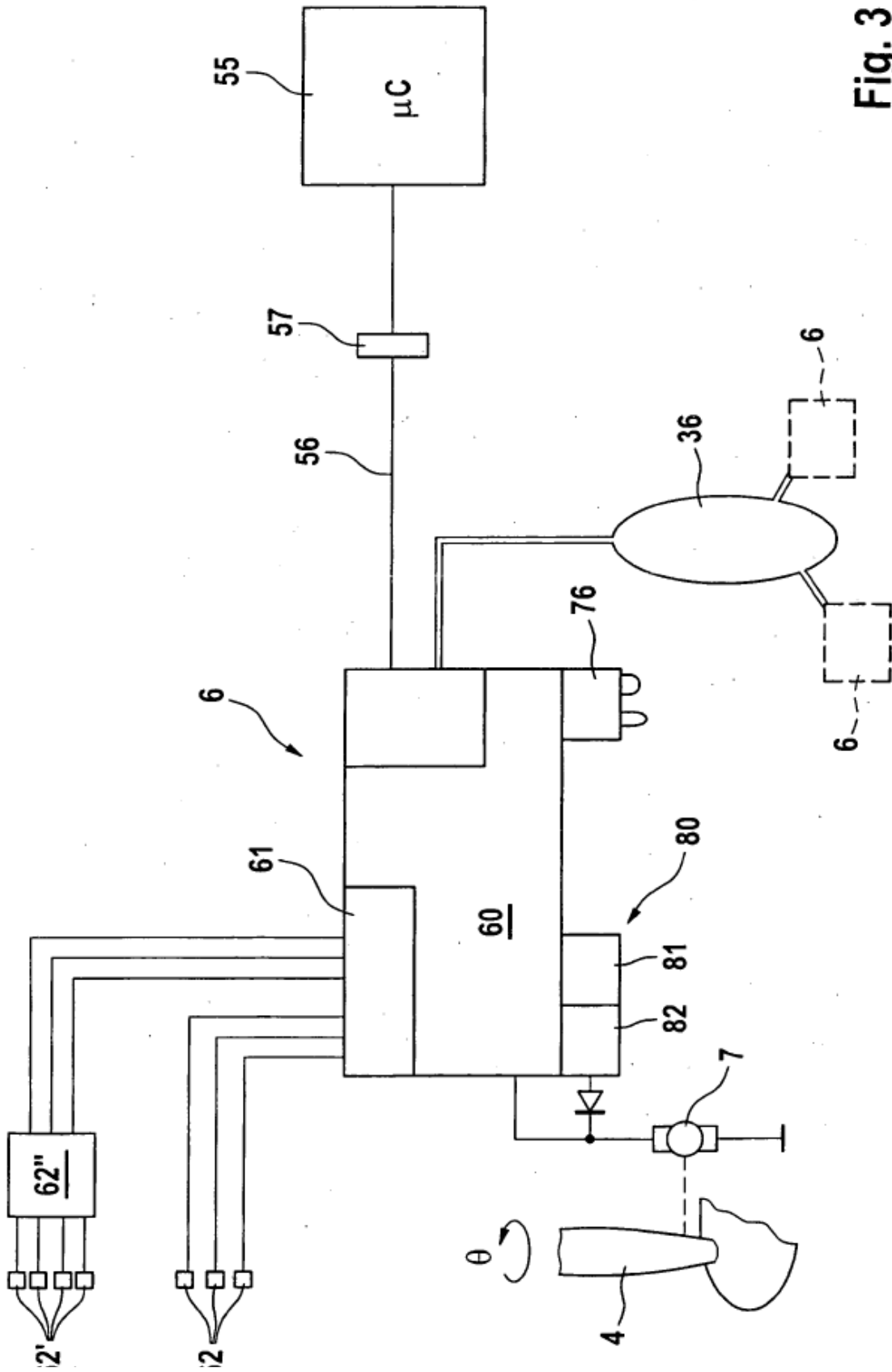


Fig. 3

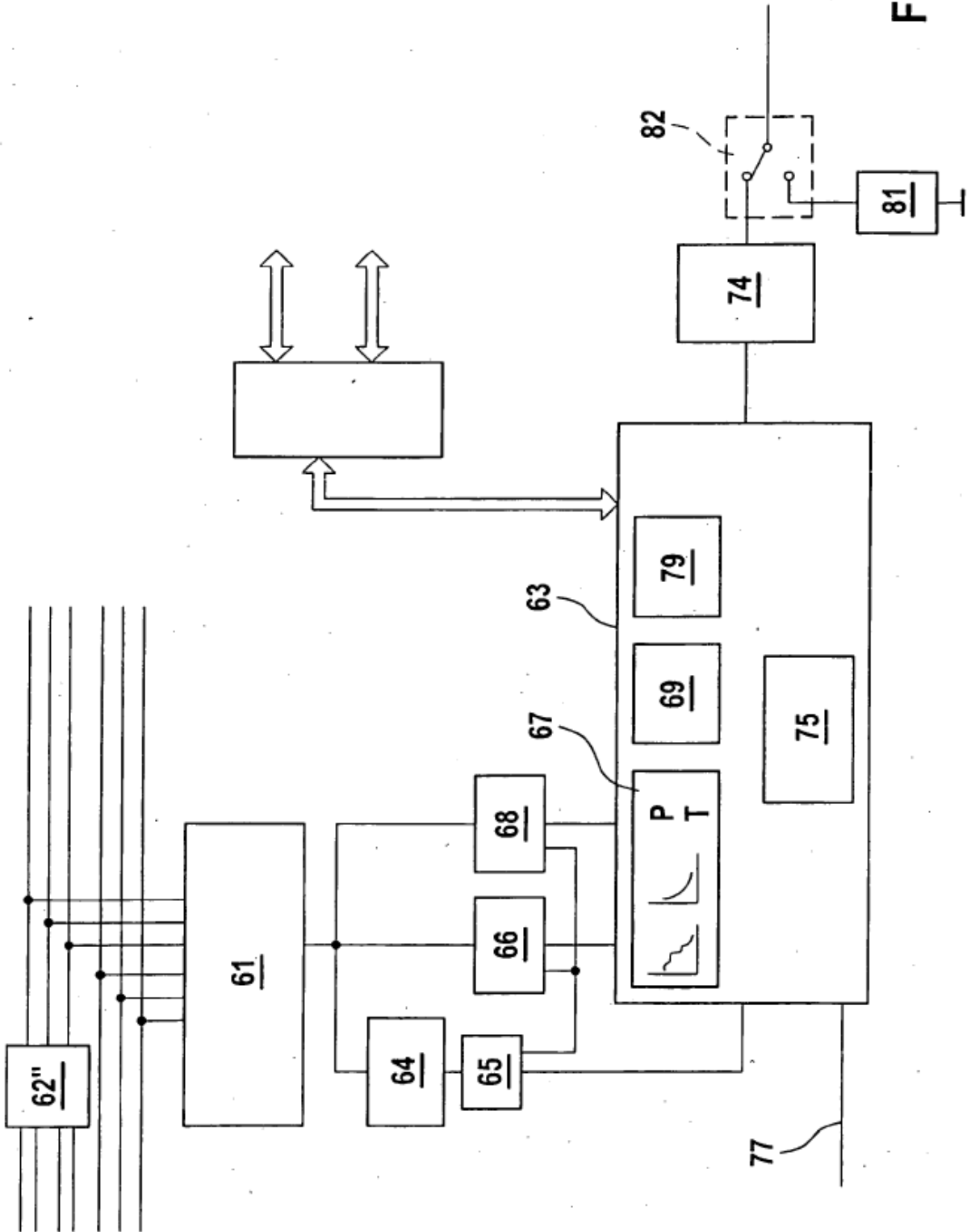


Fig. 4

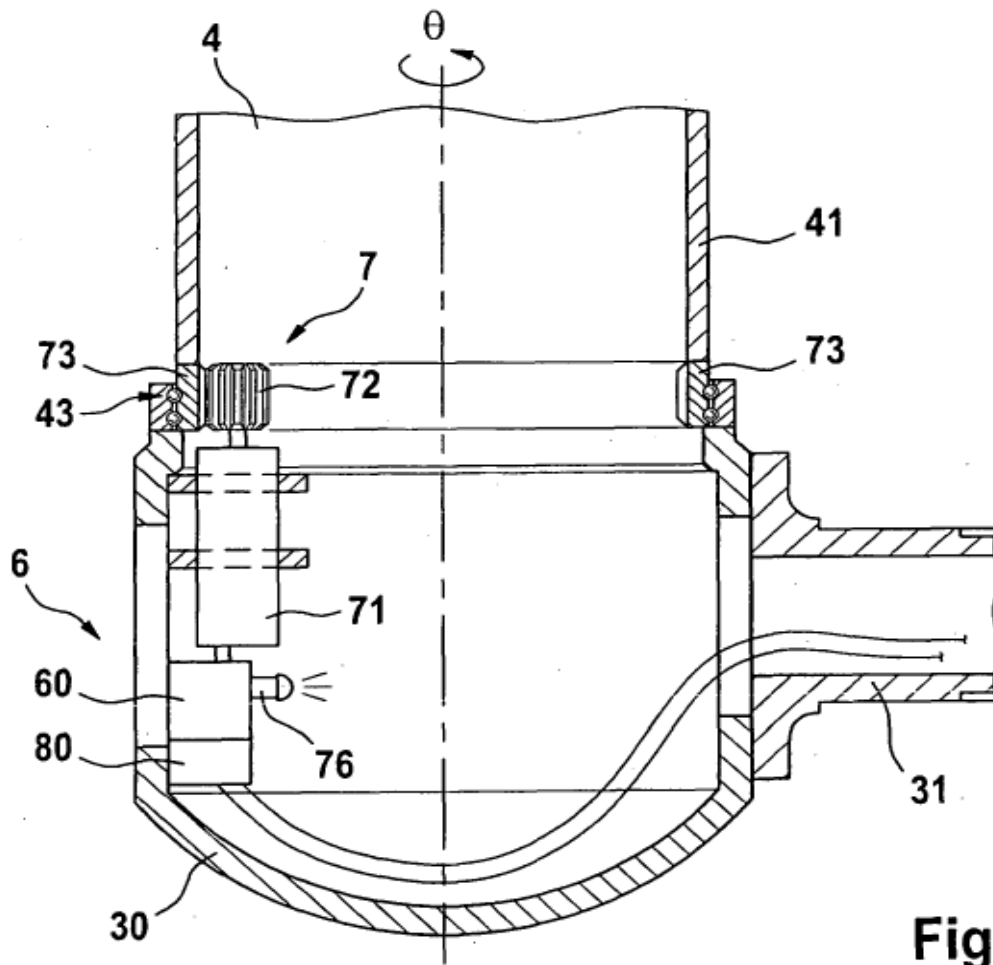


Fig. 5

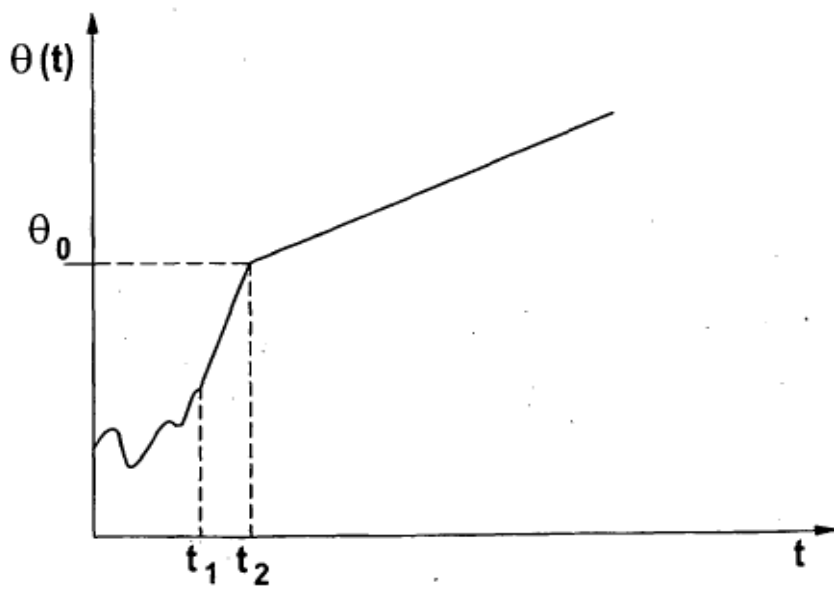


Fig. 6

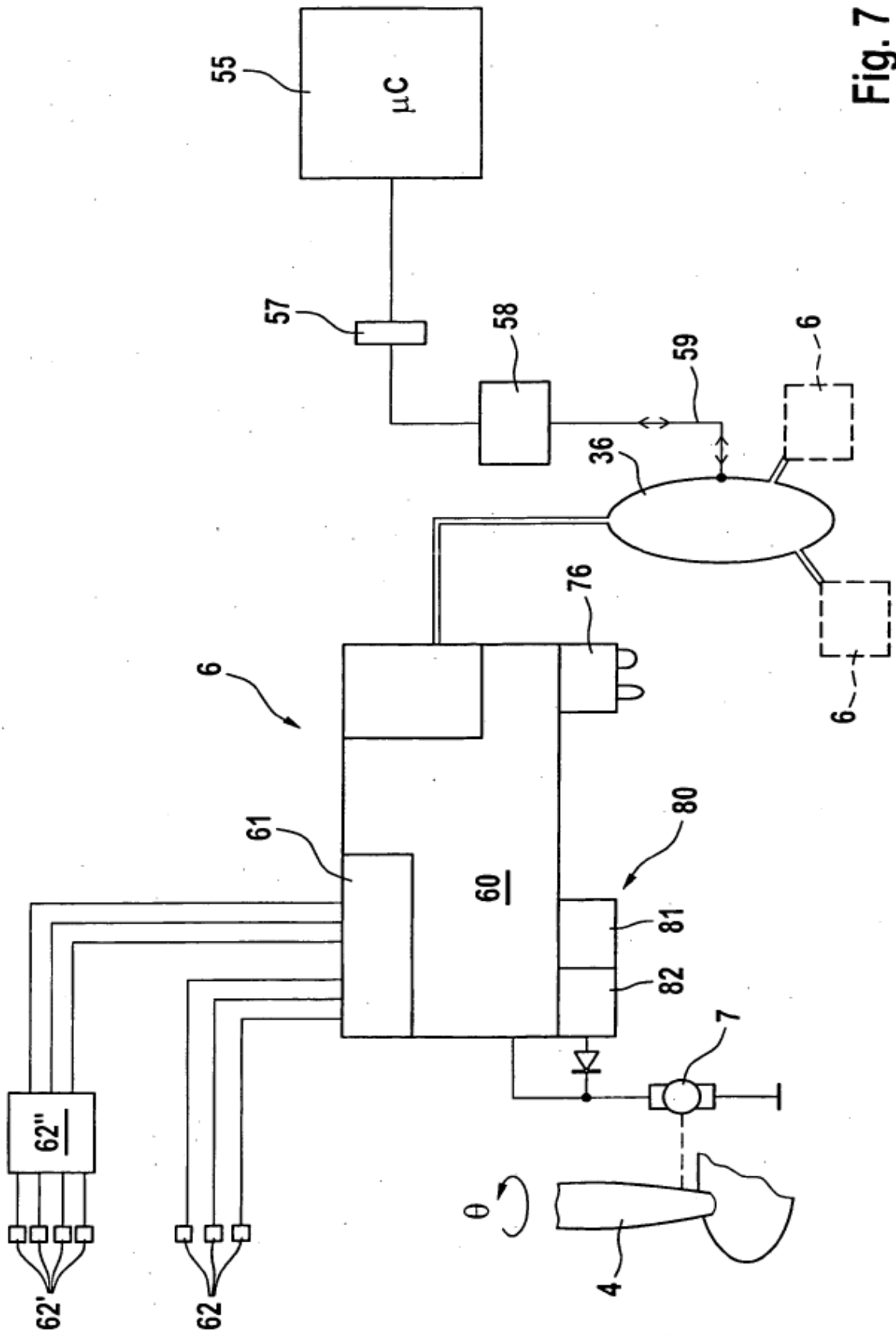


Fig. 7