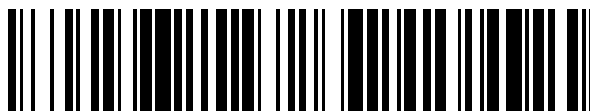


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 763**

51 Int. Cl.:  
**H02J 3/38**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07002470 .8**

96 Fecha de presentación: **05.02.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1821382**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.08.2007**

54 Título: **INSTALACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA CON CIRCUITO ADICIONAL PARA FUNCIONAMIENTO CON VIENTO DÉBIL.**

30 Prioridad:  
**21.02.2006 DE 102006008014**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.11.2011**

73 Titular/es:  
**REPOWER SYSTEMS AG  
ALSTERKRUGCHAUSSEE 378  
22335 HAMBURG, DE**

72 Inventor/es:  
**Altemark, Jens**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 368 763 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

Instalación de energía eólica con circuito adicional para funcionamiento con viento débil

La invención se refiere a una instalación de energía eólica que comprende un rotor eólico para el accionamiento de un generador asíncrono para el suministro de potencia eléctrica a un transformador.

5 Las instalaciones de energía eólica se producen para regímenes de potencia cada vez más grandes. En el caso de condiciones de viento favorables, estas instalaciones de energía eólica pueden suministrar una gran potencia para la alimentación a una red. En el caso de instalaciones de energía eólica instaladas en el mar, el servicio a plena carga o casi a plena carga es muy frecuente. No obstante, en el caso de las instalaciones de energía eólica instaladas en la costa o incluso más en el interior, las condiciones de viento en muchos casos no son tan favorables. Por lo tanto, las instalaciones de energía eólica deben estar concebidas para poder proporcionar aún suficiente potencia eléctrica en caso de condiciones de viento menos favorables. Por consiguiente, es importante el aumento del rendimiento en cuanto a la potencia en condiciones de viento débil, para aumentar la rentabilidad de una instalación de energía eólica precisamente en estos emplazamientos de por sí difíciles. Cuanto mayor sea la potencia nominal de una instalación de energía eólica con tanta mayor frecuencia es de esperar que funcione en modo de viento débil respecto a su potencia nominal. Para instalaciones de energía eólica de una potencia baja con un generador de imanes permanentes es conocido que varía el nivel de la tensión de la potencia suministrada en función de la velocidad de giro del rotor eólico (que depende a su vez de la velocidad del viento). Para poder conectar a pesar de ello un generador de imanes permanentes de este tipo con una red con una tensión nominal sustancialmente constante, el generador de imanes permanentes puede conectarse con la red mediante un transformador escalonado. Mediante una conmutación correspondiente de las etapas del transformador, la tensión inestable del generador de imanes permanentes puede ser transformada de una forma adecuada para la tensión en la red.

25 Como alternativa, para las instalaciones de energía eólica se usan en muchos casos generadores asíncronos. Lo característico de estos generadores es que el estator está conectado directamente con la red, por lo que se mantiene siempre al nivel de la tensión de la red. Aquí no puede conseguirse una adaptación con un transformador escalonado. El documento GB-A-2 410 386, que corresponde en gran medida a la reivindicación 1, describe una instalación de energía eólica de este tipo. Se plantea el objetivo de mejorar instalaciones de energía eólica con generador asíncrono respecto a su comportamiento de servicio con viento débil.

30 Cuando sopla un viento débil, el rotor eólico de la instalación de energía eólica funciona con una velocidad de giro baja. Por lo tanto, el generador accionado directamente por el rotor eólico o por un engranaje también funciona con una velocidad de giro comparativamente baja. Está muy por debajo de la velocidad de sincronismo determinada unívocamente por la frecuencia de la red y el número de polos. Esto significa que se produce un deslizamiento comparativamente elevado en el generador asíncrono. No obstante, el sistema eléctrico de la instalación de energía eólica formado por el generador y el convertidor de frecuencia sólo está concebido para funcionar hasta un deslizamiento determinado. Por regla general, es un deslizamiento límite de aprox. un 25 %. Si se desea ampliar este intervalo hacia abajo alcanzando velocidades de giro más bajas, para ello se necesita en principio un convertidor de frecuencia de dimensiones más grandes. No obstante, esto es complicado y, por lo tanto, caro.

35 Por consiguiente, se han concebido posibilidades alternativas para permitir con un sistema convencional de generador/convertidor de frecuencia un modo de viento débil con un deslizamiento más elevado.

40 La primera posibilidad prevé poner en cortocircuito el arrollamiento del estator del generador para el modo de viento débil. En este caso, el generador suministra la potencia eléctrica generada sólo mediante el circuito del rotor. Esto significa que toda la potencia debe pasar por el convertidor de frecuencia. La máquina asíncrona se hace funcionar, por lo tanto, en este caso con una especie de concepto de convertidor de frecuencia integral. Por consiguiente, se renuncia en este caso a las ventajas que resultan por el uso de una máquina asíncrona doblemente alimentada, al menos para este modo de servicio. La segunda posibilidad está en prever una conmutación estrella-triángulo para el estator. Esta conmutación es un circuito que en principio ha dado buenos resultados durante decenios para hacer funcionar motores trifásicos con dos puntos de funcionamiento dinámico distintos. Una conmutación estrella-triángulo de este tipo requiere un conmutador relativamente costoso. Por un lado, debe estar dimensionado para absorber toda la potencia generada en el circuito del estator, también a plena carga y, por otro lado, debe poder conmutar cada arrollamiento individual del estator de dos formas completamente diferentes, es decir, por una parte, a un punto neutro común y, por otra parte, en triángulo, conectándolo con los otros dos arrollamientos, respectivamente. Se ha mostrado que las dos posibilidades anteriormente indicadas aún son relativamente costosas afectando además la fiabilidad.

50 La invención tiene el objetivo de indicar partiendo de la posibilidad indicada en último lugar un circuito y un procedimiento, con los que pueda conseguirse una mejora del comportamiento de servicio con viento débil con unos costes reducidos y una mayor fiabilidad.

La solución según la invención está en las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones subordinadas se indican variantes ventajosas.

5 En una instalación de energía eólica que comprende un rotor eólico para el accionamiento de un generador asíncrono para el suministro de potencia eléctrica a un transformador, que presenta un primer arrollamiento primario y con el que está conectado el generador mediante una conexión, según la invención está previsto que el transformador presente un segundo arrollamiento primario y un circuito adicional con un conmutador en la conexión, que está realizado para conectar el generador con el primero o el segundo arrollamiento primario en función de una señal de conmutación.

A continuación, se explicarán algunos conceptos:

10 Por generador asíncrono se entiende una máquina asíncrona que funciona como generador. La máquina asíncrona puede estar realizada con un rotor puesto en cortocircuito (máquina asíncrona con rotor en jaula de ardilla) o con un rotor devanado (máquina asíncrona doblemente alimentada). En el caso de la máquina asíncrona doblemente alimentada, se entenderá por estator aquel arrollamiento que está conectado directamente con el transformador o con la red y por rotor el otro arrollamiento, con el que está conectado el convertidor de frecuencia; esta denominación es válida independientemente de cuál de los dos arrollamientos gira realmente con el árbol de transmisión.

15 Los conceptos "primero" y "segundo" sirven para distinguir los arrollamientos primarios. No han de entenderse como limitativos. En particular, pueden estar previstos otros (terceros, cuartos etc.) arrollamientos primarios.

20 La invención está basada en la idea de hacer funcionar mediante el circuito adicional y su conmutador el arrollamiento del generador que suministra potencia eléctrica (en caso de una máquina asíncrona doblemente alimentada esto es, por lo general, el arrollamiento estacionario del estator) según el estado de servicio a un nivel de tensión más elevado o más bajo. En un modo de viento fuerte, el estator está conectado con el primer arrollamiento primario, en caso de un modo de viento débil con el segundo. La relación de transformación del transformador es por lo general tal que el segundo arrollamiento primario presenta un nivel de tensión más bajo que el primer arrollamiento primario. De este modo la invención consigue que el estator se mantenga a un nivel de tensión más bajo cuando funciona en el modo de viento débil. Esto requiere que también la tensión del rotor baje forzosamente. La tensión más baja en el rotor permite, a su vez, un servicio con un deslizamiento más elevado. Por ejemplo, puede conseguirse un deslizamiento de algo más de un 35 % en comparación con un valor máximo convencional de un 25 % manteniéndose por lo demás el generador y el convertidor de frecuencia sin cambios. Gracias a la relación sobreproporcional con la potencia generada, este aumento del deslizamiento de un 10 % supone una ampliación enorme del espectro de potencia útil con viento débil. Para ello no es necesario prever convertidores de frecuencia de mayores dimensiones.

30 El coste adicional necesario para la invención es mínimo. Sobre todo, porque en muchos casos existen ya de por sí transformadores con dos arrollamientos primarios, para hacer funcionar el circuito del rotor y del estator a niveles de tensión separados (aunque normalmente respectivamente invariables). Gracias a la invención ahora es posible conseguir con una instalación de energía eólica de 3 megavatios el comportamiento con viento débil de una instalación de 2 megavatios, arrojándose la misma con el convertidor de frecuencia de menores dimensiones (y por lo tanto menos costoso) de la instalación de 2 megavatios. Por lo tanto, puede ser más pequeño el convertidor de frecuencia, que habitualmente es uno de los componentes caros de la instalación de energía eólica. Otra ventaja de la invención es que el convertidor de frecuencia según la invención para el segundo arrollamiento primario sólo debe transmitir una potencia reducida. Por lo tanto, puede tener dimensiones pequeños y, gracias a la carga reducida, también es fiable en el servicio. En resumen puede afirmarse que la invención combina de este modo de una forma sorprendentemente sencilla una ampliación del intervalo de servicio en condiciones de viento débil y, por lo tanto, un aumento del rendimiento aumentándose al mismo tiempo la fiabilidad. Todo ello con unos costes reducidos.

45 No es imprescindible que los dos arrollamientos primarios estén realizados como arrollamientos propios completos. Puede ser suficiente que uno de los arrollamientos primarios esté realizado mediante una toma del otro arrollamiento primario. En muchos casos, el segundo arrollamiento primario es una toma del primero. Por lo tanto, se reducen aún más los costes necesarios para el segundo arrollamiento primario.

50 Es esencial que el generador esté realizado como máquina asíncrona doblemente alimentada. En este tipo de construcción existen un circuito de estator y uno de rotor independiente. Habitualmente, al usarse un generador de este tipo, el estator está conectado directamente con el transformador, mientras que el rotor pasa por un convertidor de frecuencia. No obstante, también es posible una disposición inversa del circuito. Para mayor claridad, en esta solicitud se parte de que el arrollamiento que gira, el rotor, está conectado con el convertidor de frecuencia. No obstante, la invención no está limitada a ello sino que también incluye la disposición inversa.

El circuito adicional presenta recomendablemente además un dispositivo de control adicional para generar automáticamente la señal de conmutación. No obstante, esto no es imprescindible, puesto que la señal de conmutación también puede ser emitida por el dispositivo de control de servicio de la instalación de energía eólica, por lo general de por

sí existente. Sin embargo, es ventajoso un dispositivo de control adicional propio, independiente para el circuito adicional para una realización autárquica y para simplificar un reequipamiento. El dispositivo de control adicional comprende preferiblemente un módulo de vigilancia de la potencia, que está conectado con un módulo de clasificación. El módulo de clasificación está realizado para clasificar las señales emitidas por el módulo de vigilancia de la potencia en un modo de viento débil y un modo de viento fuerte. Según el resultado de la clasificación, el dispositivo de control adicional emite la señal de conmutación para el conmutador para conectar el estator con el primer arrollamiento primario (para el modo de viento fuerte) o con el segundo (para el modo de viento débil).

Además, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación independiente 7.

Según ésta, en un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor eólico, un generador asíncrono accionado por éste para el suministro de potencia eléctrica a un transformador, estando conectado el generador mediante un convertidor de frecuencia con el transformador, y haciéndose funcionar según la posición del conmutador en un primero o un segundo modo de servicio, está previsto según la invención que la instalación de energía eólica funcione en uno de los modos de servicio, estando conectado el generador con un arrollamiento primario del transformador, vigilándose la potencia suministrada por la instalación de energía eólica y determinándose si la misma está en un intervalo de conmutación y que se accione el conmutador, por lo que el generador queda conectado con otro arrollamiento primario, y funcionamiento de la instalación de energía eólica en el otro modo de servicio.

El procedimiento según la invención vigila la potencia en el servicio y decide en función de la misma si existe una situación con viento fuerte o con viento débil. En función de ello se acciona el conmutador, de modo que el generador queda conectado con un arrollamiento primario adecuado para la situación de viento correspondiente. Como se ha explicado ya detalladamente, para un modo de viento fuerte está previsto el primer arrollamiento primario convencional, mientras que para el modo de viento débil se conmuta según la invención a un segundo arrollamiento primario. El segundo arrollamiento primario está concebido preferiblemente para un nivel de tensión más bajo en comparación con el primer arrollamiento primario, por lo que es recomendable realizarlo como toma del primer arrollamiento primario.

Hay que añadir que para la vigilancia de la potencia puede usarse tanto un parámetro eléctrico como uno mecánico. Mientras que la vigilancia de la potencia eléctrica puede realizarse por ejemplo mediante la determinación de la potencia activa suministrada, la potencia mecánica puede estimarse de forma especialmente sencilla con ayuda de la velocidad del viento. Por lo general, todas las instalaciones de energía eólica disponen de medidores de la velocidad del viento, y aunque no sean muy precisos, sí basta para una clasificación para distinguir si existe una situación de viento fuerte o de viento débil.

La determinación de si existe un modo de viento fuerte (o un modo de viento débil) se realiza preferiblemente teniendo en cuenta un intervalo de tiempo mínimo. Este puede ser prescrito, por ejemplo, con ayuda de un número determinado de segundos o minutos. De este modo se consigue que se realice un comportamiento de conmutación constante, orientado a la estabilidad. De este modo puede evitarse una conmutación caótica que favorece el desgaste entre los estados de servicio. Como alternativa o adicionalmente puede estar previsto introducir una histéresis de conmutación respecto a la potencia. No se conmuta al modo de viento débil hasta que la potencia quede por debajo de una potencia límite inferior; a la inversa, no se vuelve a conmutar al modo de viento fuerte hasta que la potencia esté por encima de una potencia límite superior, que es más elevada que la potencia límite inferior.

La conmutación entre los modos de servicio debe realizarse forzosamente durante el servicio de la instalación de energía eólica, es decir, cuando genera potencia. Para evitar saltos y oscilaciones pendulares no deseadas, es recomendable mantener constante la velocidad de giro al conmutar entre los modos de servicio. De este modo se eliminan influencias molestas por variaciones del viento en el proceso de conmutación. La ventaja propiamente dicha de mantener constante la velocidad de giro está, no obstante, en que puede reducirse la potencia eléctrica suministrada por el generador hasta cero, para accionar el conmutador de este modo sin carga. De este modo quedan eliminados o reducidos a un mínimo el desgaste y fallos por saltos de tensión. Esto se hace recomendablemente porque, para iniciar la conmutación, se prescribe una velocidad de giro fija como valor teórico para el regulador del ángulo de inclinación del rotor eólico. Gracias a la variación del ángulo de ajuste de las palas, el regulador del ángulo de inclinación mantiene la velocidad de giro incluso cuando la potencia eléctrica del generador, y por lo tanto, la potencia de frenado baja a cero. Al final de la conmutación, la velocidad de giro vuelve a dejarse libre y es controlada según el servicio habitual por un dispositivo de control de servicio de la instalación de energía eólica. Como valor teórico puede usarse la velocidad de giro actual antes de la conmutación o una velocidad de giro deseada después de la conmutación. El valor teórico también puede elegirse de tal modo que durante la conmutación haya un salto de par lo más bajo posible. Gracias a ello no sufren los componentes mecánicos en la cadena de accionamiento, en particular un engranaje.

Por lo demás, se remite a la explicación anteriormente expuesta de la instalación de energía eólica según la invención.

A continuación, la invención se explicará más detalladamente haciéndose referencia al dibujo adjunto, en el que están representados unos ejemplos de realización ventajosos. Muestran:

La Figura 1 una representación esquemática de una instalación de energía eólica según un primer ejemplo de realización de la invención;

la Figura 2 una vista global del circuito para la instalación de energía eólica según la Figura 1;

5 la Figura 3 un detalle de las curvas características para ilustrar el procedimiento según la invención para el servicio de la instalación de energía eólica según la Figura 1;

la Figura 4 una vista esquemática de un segundo ejemplo de realización de la invención; y

la Figura 5 un diagrama de operaciones para el procedimiento según la Figura 3.

10 En la Figura 1 se muestra una representación esquemática de un ejemplo de realización para una instalación de energía eólica según la invención. La instalación de energía eólica designada en conjunto con el signo de referencia 1 comprende una góndola 2 dispuesta de forma giratoria en una torre 10. En su lado frontal está dispuesto de forma giratoria un rotor eólico 3. Acciona un generador 4 realizado como generador asíncrono doblemente alimentado a través de un árbol de transmisión (no representado). Además de éste, en la góndola 2 están dispuestos un convertidor de frecuencia 5, un dispositivo de control 6, así como un dispositivo de control adicional 7 y un dispositivo de medición del viento 57. Para la regulación de la velocidad de giro del rotor eólico 3 está previsto un regulador del ángulo de inclinación 35. La potencia eléctrica generada por el generador 4 en la góndola 2 se alimenta mediante dos conexiones (se trata de líneas trifásicas, como se indica mediante la pequeña barra oblicua) a un transformador 9 en el pie de la torre 10. El transformador 9 está conectado a su vez con una red de media tensión 99. Con excepción del dispositivo de control adicional 7, la estructura y el funcionamiento de la instalación de energía eólica 1 son convencionales en este sentido, por lo que no es necesario describirlos más detalladamente. Hay que tener en cuenta que para mayor claridad las Figuras están basadas en esquemas equivalentes monofásicos.

15 El sistema eléctrico de la instalación de energía eólica 1 está representado más detalladamente en la Figura 2. El generador 4 realizado como máquina asíncrona doblemente alimentada presenta un estator y un rotor 42. Este último está conectado mediante el árbol de transmisión con el rotor eólico 3 y, durante el servicio, este árbol de transmisión lo hace girar. Gracias al movimiento giratorio se genera electricidad en los arrollamientos del estator 41 y del rotor 42. El estator 41 está conectado directamente con el transformador 9 mediante un interruptor adicional realizado como conmutador 8. El rotor 42 está conectado mediante el convertidor de frecuencia 5 con el transformador 9. El convertidor de frecuencia 5 presenta un convertidor 52 del lado de la máquina, un convertidor 54 del lado de la red y un circuito intermedio 53 que los conecta. El transformador 9 está realizado como transformador de tres arrollamientos. Presenta dos arrollamientos primarios, es decir, un primer arrollamiento primario 91 y un segundo arrollamiento primario 92. Además, presenta un arrollamiento secundario 90. La relación de transformación se ha elegido de tal modo que el arrollamiento secundario 90 está conectado con la red de media tensión 99. Debido a la relación de transformación elegida, el primer arrollamiento primario está concebido para una tensión de 950 voltios y el segundo arrollamiento primario para una tensión de 690 voltios. El rotor 42 está conectado mediante el convertidor de frecuencia 5 con el segundo arrollamiento primario 92. Como ya se ha dicho anteriormente, el estator 41 está conectado mediante el conmutador 8 con el transformador 9. En este caso, el estator 41 está conectado con una conexión de entrada 80 del conmutador 8. Éste está conectado según la posición del conmutador con una primera conexión de salida 81, con la que está conectado el primer arrollamiento primario 91. En la otra posición de partida, la conexión de entrada 80 está conectada con la segunda conexión de salida 82, con la que está conectado el segundo arrollamiento primario 92. Esto significa que según la posición del conmutador 8, el estator 41 está conectado con el primer arrollamiento primario 91 o con el segundo arrollamiento primario 92.

20 Para el accionamiento del conmutador 8 mediante un terminal de control está previsto el dispositivo de control adicional 7.

25 El dispositivo de control adicional 7 sirve para determinar mediante señales conectadas a su entrada una señal de control para el conmutador 8. Están previstas dos entradas para el dispositivo de control adicional 7. Con una está conectado el dispositivo de medición del viento 57 y con la otra entrada está conectada una señal para la potencia eléctrica P generada por la instalación de energía eólica 1. Esta señal puede medirse directamente mediante dispositivos de medición (no representados) o puede proceder del dispositivo de control 5, donde por lo general hay de por sí una señal de este tipo. Para el procesamiento de señales, el dispositivo de control adicional 7 presenta un módulo de vigilancia de la potencia 71 y un módulo de clasificación 72. El módulo de vigilancia de la potencia 71 está realizado para determinar a partir de las señales de entrada que proceden del dispositivo de medición del viento 57 y/o la señal de potencia eléctrica P un grado de carga  $\mu$  de la instalación de energía eólica 1. El grado de carga  $\mu$  es una medida cuantitativa que indica si la instalación de energía eólica 1 funciona en marcha en vacío, servicio a carga parcial o incluso en servicio a plena carga (corresponde a un grado de carga del 100%). El grado de carga  $\mu$  puede coincidir con un parámetro físico, como por ejemplo la velocidad del viento o la potencia eléctrica generada o puede ser un parámetro sintético, que es generado a partir de estas magnitudes de entrada y/o otras. El módulo de clasificación 72 está realizado para realizar una clasificación basada en el grado de carga determinado por el módulo de vigilancia de la potencia 71 para determinar si la instalación de energía eólica 1 funciona en las condiciones existentes en un modo de viento débil o no. En caso afirmativo, el módulo de

clasificación 72 emite la señal de control para el conmutador 8, lo que hace que el conmutador 8 conmute a la posición representada con la línea de trazo interrumpido. En este caso, el estator 41 ya no está conectado con el primer arrollamiento primario 91 sino con el segundo arrollamiento primario 92.

5 Las curvas características resultantes están realizadas en la Figura 3 con líneas de trazo interrumpido tomándose como ejemplo una instalación de 2 megavatios. Encima de la velocidad de giro del rotor eólico 3, que representa una medida para la velocidad del viento y, por lo tanto, la potencia del viento, en el eje X, se indica en el eje Y la potencia eléctrica P suministrada. Con una línea característica representada con una línea de trazo interrumpido está representada una instalación de energía eólica convencional, que está concebida para un deslizamiento de un 25 % como máximo. Con una línea de puntos está representado como el intervalo de servicio de la instalación de energía eólica convencional puede ser  
10 ampliado mediante el reequipamiento con un convertidor de frecuencia de dimensiones más grandes. El convertidor de frecuencia de la instalación convencional tiene para ello unas dimensiones tan grandes que el deslizamiento de servicio puede llegar hasta un 40 %. Se ve que el intervalo de servicio de la instalación de energía eólica se amplía de este modo considerablemente hasta velocidades de giro más bajas, es decir, hasta condiciones de viento débil, aunque esto se consigue por el precio de un convertidor de frecuencia considerablemente más costoso. Con una línea de trazo continuo está representada ahora la curva característica que resulta en una instalación de energía eólica según la invención por lo demás convencional (sin convertidor de frecuencia reforzado de forma costosa) cuando está accionado el convertidor de frecuencia 8. En este caso, el arrollamiento del estator 41 ya no está conectado con el primer arrollamiento primario 91 sino con el segundo arrollamiento primario 92, es decir, que está a un nivel de tensión más bajo. De este modo, la curva característica se desplaza partiendo del caso representado con línea de trazo interrumpido hasta el caso representado con  
20 la línea de trazo continuo. La instalación de energía eólica puede generar y suministrar aún potencia eléctrica con velocidades de giro sustancialmente más bajas del rotor eólico 3 y, por lo tanto, también en caso de condiciones de un viento mucho más débil. Cuando el viento aumenta, es decir, cuando alcanza intensidades medias o elevadas, puede volver a conmutarse a la curva característica normal (representada con línea de trazo interrumpido) conmutando simplemente el conmutador 8. El intervalo útil de intensidades de viento en el que la instalación de energía eólica 1 puede funcionar de forma razonable, se amplía gracias a la invención claramente hacia abajo. Los costes adicionales para ello son mínimos. A diferencia del estado de la técnica (representado con la línea de puntos), no se necesita un convertidor de frecuencia 5 de mayores dimensiones sino que basta con un simple conmutador. El transformador de tres arrollamientos 9 con dos arrollamientos primarios 91, 92 habitualmente existe de por sí. Por lo tanto, la invención combina una ampliación considerable del intervalo de servicio con unos costes adicionales mínimos.

30 El procedimiento según la invención y su funcionamiento se explicará a continuación haciéndose referencia a la Figura 5. La instalación de energía eólica 1 funciona normalmente de tal modo que el estator 41 está conectado con el primer arrollamiento primario 91. Esto significa que el estator 41 funciona a un nivel de tensión más elevado, de por ejemplo 950 voltios, en comparación con el nivel de tensión del rotor 42 conectado con el segundo arrollamiento primario 92. Como ya se ha dicho al principio, esto es el servicio normal de la instalación de energía eólica y permite un servicio con condiciones de un viento fuerte y medio.

Al principio (etapa 100) del procedimiento, el módulo de vigilancia de la potencia 71 determina el grado de carga  $\mu$  (etapa (102)).

A continuación, se comprueba mediante el módulo de clasificación 72 si según el grado de carga existen condiciones de viento débil (etapa 104). Si esto no es el caso, se produce un retroceso. En caso de existir condiciones de viento débil, un elemento de tiempo T incrementa (etapa 106). A continuación se espera si las condiciones de viento débil permanecen durante un intervalo de tiempo  $T_{min}$  determinado, ajustable. En caso afirmativo, se prosigue con el procedimiento según la invención; en caso de que esto no sea así, se produce un retroceso. Es decir, si existen condiciones de viento débil durante un intervalo de tiempo determinado, prolongado, según la invención la instalación de energía eólica 11 se conmuta mediante el conmutador 8 de tal modo que el estator 41 está conectado con el segundo arrollamiento primario  
45 92. Dicho de otro modo, la instalación de energía eólica se conmuta pasando a la curva característica representada en la Figura 3 con una línea de trazo continuo. Este intervalo en las curvas características se resalta en la Fig. 3 mediante la marca X. La conmutación es iniciada por la señal de salida del dispositivo de control adicional 7. Como está representado, la misma está conectada al conmutador 8. El dispositivo de control adicional 7 emite, no obstante, una segunda señal de salida superpuesta para un dispositivo de control de la velocidad de giro 73 (etapa 110). Está realizado para mantener la velocidad de giro del rotor eólico 3 constante durante el proceso de conmutación mediante el regulador del ángulo de inclinación 35. Esto sirve para evitar un aumento excesivo de la velocidad de giro en caso de descarga debido a una interrupción de corta duración del circuito que sale del estator 41. El regulador de la velocidad de giro 73 está realizado para emitir una señal de ajuste para mantener constante la velocidad de giro para un regulador de la velocidad de giro 35 del rotor. En una etapa siguiente, en la otra salida del dispositivo de control 7 se emite la señal de conmutación para el conmutador 8 (etapa 112). La posición del conmutador cambia en este caso de la primera conexión de salida 81 a la segunda conexión de salida 82. De este modo, el estator 41 ya no está conectado con el primer arrollamiento primario 91 sino con el segundo arrollamiento primario 92. En primer lugar se abre el contacto con la primera conexión de salida 81. Esto se vigila en la etapa 114. Si el conmutador 8 está concebido como conmutador sencillo, como en el ejemplo

representado, ya no deben tomarse más medidas. En caso de usarse dos unidades de conmutación separadas, después de abrir el contacto con el primer arrollamiento primario 91 ha de accionarse el segundo contacto, para establecer la conexión con el segundo arrollamiento primario 92. Esto se hace, dado el caso, en la etapa 116. A continuación, se comprueba si se ha establecido el nuevo contacto con el segundo arrollamiento primario 92 (etapa 118). Por lo tanto se ha restablecido el circuito del estator y el estator 41 queda conectado con el transformador 9. La velocidad de giro ya no debe mantenerse constante y se emite una señal para liberar el control de la velocidad de giro para el módulo de la velocidad de giro 73 (etapa 120). Con ello, el proceso de conmutación representado ha llegado a su fin (199).

La invención también es adecuada para el uso en un parque eólico. En la Figura 4 está representado un parque eólico de este tipo con ayuda de un ejemplo con tres instalaciones de energía eólica 1, 1', 1". Cada una de las instalaciones de energía eólica presenta un conmutador 8, 8' ó 8" propio, que están conectados con el transformador 9 común. Pueden accionarse de forma central desde un dispositivo de control del parque (no representado) o pueden accionarse de forma descentralizada desde los distintos dispositivos de control de las instalaciones de energía eólica 1, 1', 1". En el caso indicado en último lugar, existe la posibilidad de conmutar las distintas instalaciones de energía eólica 1, 1', 1" unas independientemente de las otras.

En el ejemplo de realización representado se supone que la intensidad de viento es alta en las dos instalaciones delanteras 1, 1'. Pueden funcionar en el servicio normal. Por lo tanto, el conmutador 8, 8' está en la posición de la primera conexión de salida 81, estando conectado el estator con el primer arrollamiento primario 91 del transformador 9. En la instalación de energía eólica 1" posterior se supone, en cambio, que el viento es sólo débil. Por lo tanto, gracias al dispositivo de control de acuerdo con el procedimiento según la invención, la instalación de energía eólica se ha conmutado al modo de servicio para viento débil. Para ello se ha accionado el conmutador 8", de modo que el estator del generador de esta instalación de energía eólica 1" está conectado con el segundo arrollamiento primario 92. Se ve que la invención puede estar realizada de forma individual en las distintas instalaciones de energía eólica del parque eólico, sin que para ello cada instalación de energía eólica necesite un transformador de tres arrollamientos propio. Cada una de las instalaciones de energía eólica puede funcionar con la curva característica (véase la Figura 3) que dé el mejor resultado con las condiciones de viento existentes localmente en la instalación de energía eólica correspondiente.

30

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Instalación de energía eólica que comprende un rotor eólico (3) para el accionamiento de un generador asíncrono (4) doblemente alimentado con estator (41) y un rotor (42) para el suministro de potencia eléctrica a un transformador (9) con un primer arrollamiento primario (91) y un arrollamiento secundario (90), estando conectado el rotor (42) del generador asíncrono (4) con el primer arrollamiento primario (91), **caracterizada porque** el transformador (9) presenta un segundo arrollamiento primario (92) y un circuito adicional con un conmutador (8) está conectado entre el generador asíncrono (4) y el transformador (9) de tal modo que el conmutador (8) conecta el estator (42) del generador asíncrono (4) en función de una señal de conmutación con el primer arrollamiento primario (91) o con el segundo arrollamiento primario (92), de modo que el estator se mantiene en el modo de viento débil a un nivel de tensión más bajo.
- 10 2.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** uno de los arrollamientos primarios (92) está formado mediante una toma en el otro arrollamiento primario (91).
- 3.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el circuito adicional presenta además un dispositivo de control adicional (7) para generar automáticamente la señal de conmutación.
- 15 4.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 3, **caracterizada porque** el dispositivo de control adicional (7) presenta un módulo de vigilancia de la potencia (71) que está conectado con un módulo de clasificación (72), estando realizado el módulo de clasificación (72) para clasificar las señales emitidas por el módulo de vigilancia de la potencia (71) en un modo de viento débil y un modo de viento fuerte.
- 20 5.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 4, **caracterizada porque** un dispositivo de medición (57) de la intensidad de viento y/o una señal de medición para la potencia eléctrica suministrada está/h conectado/s con el módulo de vigilancia de la potencia (71) como señal de entrada.
- 6.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** está previsto otro arrollamiento primario y el conmutador (8) está realizado de tal modo que conecta el generador asíncrono (4) con el primero, con el segundo o con otro arrollamiento primario (91, 92).
- 25 7.- Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor eólico (3), un generador asíncrono (4) doblemente alimentado accionado por éste con estator (41) y rotor (42) para el suministro de potencia eléctrica a un transformador (9), estando conectado el generador (4) mediante un conmutador (8) con el transformador (9) y funcionando según la posición del conmutador (8) en un primero o un segundo modo de servicio, **caracterizado por** el funcionamiento de la instalación de energía eólica en uno de los modos de servicio, estando conectado el estator (41) del generador (4) con uno de los arrollamientos primarios (91, 92) del transformador (9), vigilancia de la potencia de la
- 30 instalación de energía eólica, determinación de si la instalación de energía eólica funciona en un intervalo de conmutación, accionamiento del conmutador (8), por lo que el estator (41) del generador (4) queda conectado con otro de los arrollamientos primarios (92, 91) y funcionamiento de la instalación de energía eólica en el otro modo de servicio, manteniéndose el estator en el modo de viento débil a un nivel de tensión más bajo.
- 35 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la determinación del funcionamiento de la instalación de energía eólica en un intervalo de conmutación se realiza teniéndose en cuenta un intervalo de tiempo mínimo.
- 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por** la consulta de un temporizador.
- 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** la determinación del funcionamiento de la instalación de energía eólica en un intervalo de conmutación se realiza teniéndose en cuenta una histéresis.
- 40 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado por** el mantenimiento de una velocidad de giro (3) antes del accionamiento del conmutador (8) y liberación de la velocidad de giro después.
- 12.- Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por** el mantenimiento de una velocidad de giro mediante la prescripción de un valor teórico especial para un regulador del ángulo de inclinación (35) mediante un módulo de ajuste de la velocidad de giro (73).
- 45 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** como valor teórico especial se usa el valor de la velocidad de giro actual antes de la conmutación.
- 14.- Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** como valor teórico especial se usa un valor teórico deseado de la velocidad de giro después de la conmutación.
- 15.- Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** el valor de la velocidad de giro se elige de tal modo que durante la conmutación se produzca un salto del par lo más bajo posible.



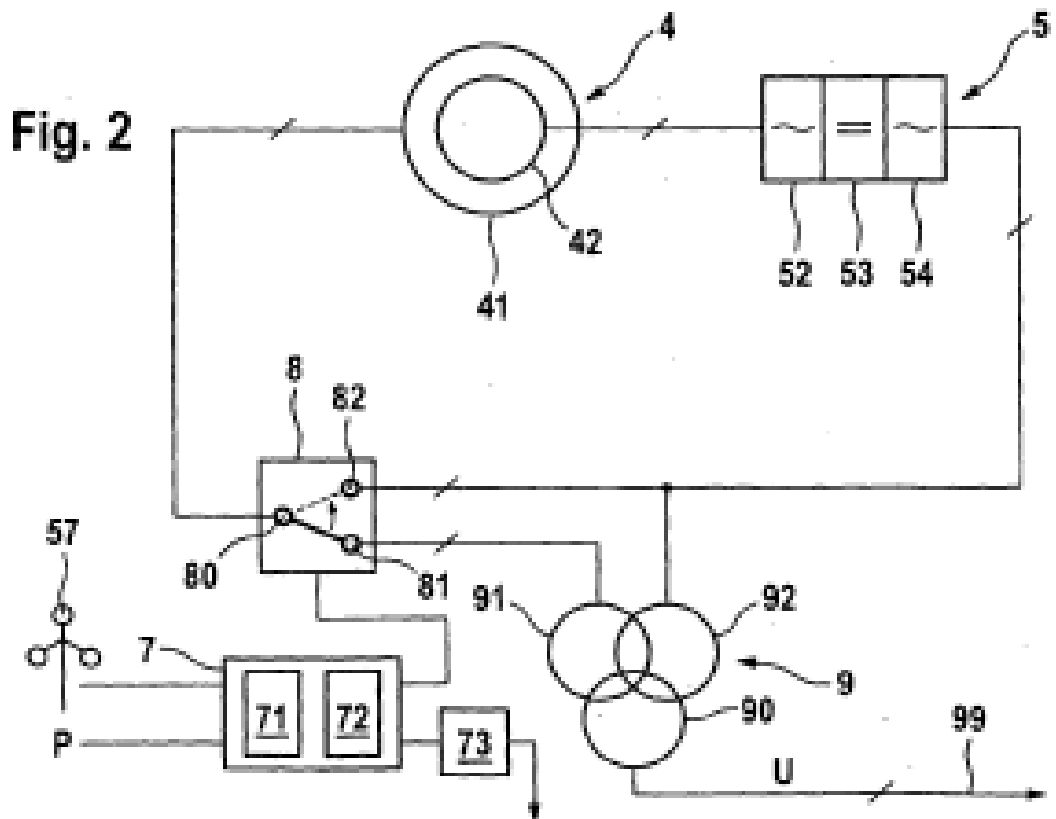
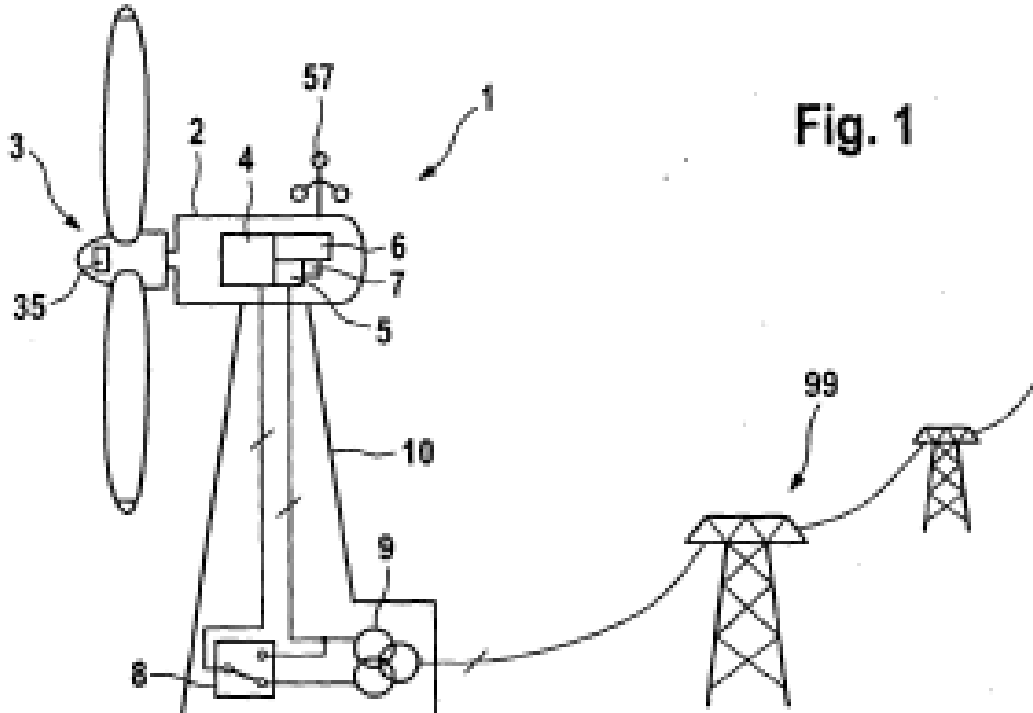


Fig. 3

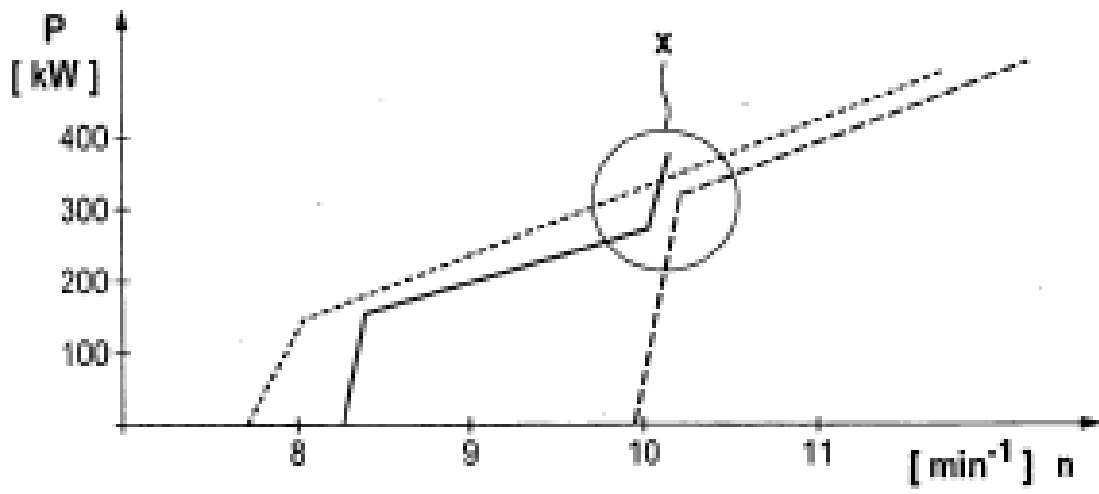


Fig. 4

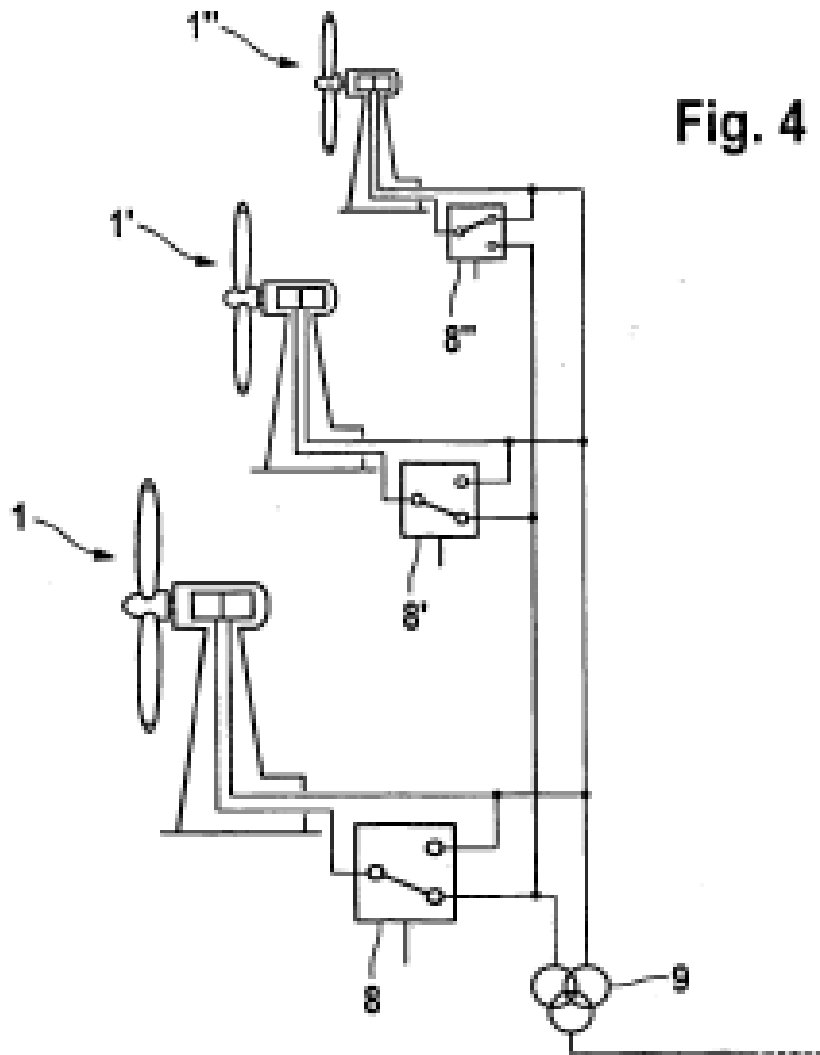


Fig. 5

