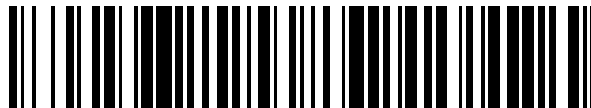


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 033**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2013 PCT/AT2013/000052**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO13166531**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2013 E 13716164 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2859222**

54 Título: **Instalación de obtención de energía, en particular aerogenerador**

30 Prioridad:

10.05.2012 AT 5582012

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

21.04.2020

73 Titular/es:

**HEHENBERGER, GERALD (100.0%)
Kinkstrasse 30
9020 Klagenfurt, AT**

72 Inventor/es:

HEHENBERGER, GERALD

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 755 033 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 obtención de energía, en particular aerogenerador

5 La invención se refiere a un procedimiento para regular el funcionamiento de una cadena cinemática de una instalación de obtención de energía.

10 Por el documento US 2011/0169268 A, el US 2007/0216164 A1, el JP S59 77082 A y el DE 196 464 A se conocen procedimientos para regular el funcionamiento de una cadena cinemática de una instalación de obtención de energía con una máquina eléctrica conectada con una red y con un rotor que está conectado con la máquina eléctrica, estando previsto un freno de servicio o retardador para evitar velocidades excesivas del rotor. En el documento US 2011/0169268 A y el JP S59 77082 A están previstos tanto un freno de servicio como también un freno de emergencia.

15 El desarrollo técnico en el sector de los aerogeneradores lleva, entre otros a diámetros de rotor y alturas de torres cada vez mayores. Con ello, las grandes oscilaciones de potencia debido, por ejemplo, o fallos en la red o a fuertes rachas de viento provocan una desviación correspondientemente grande en la torre, que a su vez provoca cargas elevadas en la instalación. Por este motivo, por ejemplo, los aerogeneradores que para la realización de una velocidad de giro de rotor variable utilizan generalmente generadores de corriente trifásica en combinación con convertidores de potencia total, se conectan con grandes resistencias a través circuitos denominados troceadores (*chopper*) con el circuito intermedio de corriente continua de un convertidor de potencia total para que, en caso de una pérdida espontánea de la carga (por ejemplo en caso de fallos de red) la carga en el rotor pueda mantenerse y para que pueda evitarse un ajuste rápido de las palas de rotor. Un ajuste rápido de las palas de rotor sería necesario en caso de pérdida de carga repentina con el fin de evitar una velocidad de giro excesiva del rotor, aunque provocaría una variación correspondientemente grande del empuje de rotor y con ello sometería a la torre a una intensa carga. Este problema es cada vez mayor cuanto más alta sea la torre.

20 También pueden aparecer problemas similares por ejemplo en centrales hidráulicas al alcanzar, por ejemplo, la turbina una velocidad de giro excesiva en caso de fallos de red de mayor duración, que eventualmente provocaría un daño en la misma. Igualmente también para accionamientos para aplicaciones industriales hay estados operativos en los que en un corte eléctrico, por ejemplo, durante un breve periodo es necesario un momento de frenado en el lado del accionamiento o de salida con el fin de llevar al sistema a un estado seguro.

30 La duración para la detección del fallo hasta la parada de la instalación o hasta el final del fallo de red puede ser de hasta varios segundos, por lo que es necesario un dimensionamiento correspondientemente grande de las resistencias anteriormente mencionadas.

35 Sin embargo, el método descrito para instalaciones con convertidores de potencia total no puede realizarse con sistemas de diferencial clásicos (electromecánicos, hidrostáticos e hidrodinámicos) dado que en estos casos el generador está conectado directamente con la red. Los mismo se aplica, entre otros, también para las denominadas máquinas de corriente trifásica de alimentación doble.

El objetivo de la invención es por tanto solucionar este problema.

45 Este objetivo se soluciona con un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

50 Al instalarse un freno de servicio detrás del rotor de la instalación de obtención de energía o de la máquina de trabajo industrial, que puede introducir un par de frenado en el sistema de propulsión, por ejemplo, en el caso de aerogeneradores el sistema de variación de paso puede reaccionar con retraso, lo que lleva a una variación correspondientemente lenta en el empuje de la instalación y por consiguiente la carga, en particular de la torre o de la estructura portante se mantiene lo más reducida posible.

55 Al instalarse un freno de servicio entre el rotor de la instalación de obtención de energía o de la máquina de trabajo industrial, que durante un tiempo limitado puede introducir un par de frenado en el sistema de propulsión, por ejemplo, en el caso de aerogeneradores el sistema de variación de paso puede reaccionar con retraso, lo que lleva a una variación correspondientemente lenta en el empuje de la instalación y por consiguiente la carga, en particular de la torre o de la estructura portante se mantiene lo más reducida posible.

Formas de realización preferidas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

60 A continuación se explican formas de realización preferidas de la invención con respecto a los dibujos adjuntos. Muestra:

65 la figura 1 el sistema de propulsión de un aerogenerador con generador síncrono excitado con imanes permanentes, convertidor de potencia total y circuito intermedio troceador con resistencia según estado de la técnica,

- la figura 2 el sistema de propulsión de un aerogenerador con un accionamiento diferencial según el estado de la técnica,
- 5 la figura 3 el sistema de propulsión de un aerogenerador con un accionamiento diferencial según la invención,
- la figura 4 el sistema de propulsión de un aerogenerador con un accionamiento diferencial según una forma de realización adicional de la invención,
- 10 la figura 5 una característica factible para un sistema de freno de servicio de acuerdo con la invención y
- la figura 6 una característica de acuerdo con la invención para un sistema de freno de servicio en comparación con una característica de par típica de un aerogenerador.

15 La potencia del rotor de un aerogenerador se calcula a partir de la fórmula

$$\text{Potencia de rotor} = \text{superficie de rotor} * \text{coeficiente de potencia} * \text{densidad de aire}/2 * \text{velocidad de viento}^3$$

20 donde el coeficiente de potencia depende de la relación de la velocidad periférica (= relación de la velocidad de punta de pala respecto a la velocidad del viento) del rotor del aerogenerador. El rotor de un aerogenerador está diseñado para un coeficiente de potencia óptimo basado en una relación de la velocidad periférica que va a fijarse durante el desarrollo (generalmente un valor entre 7 y 9). Por este motivo, durante el funcionamiento del aerogenerador en el margen de carga parcial debe ajustarse una velocidad de giro correspondientemente pequeña para garantizar un rendimiento aerodinámico óptimo.

25 El consumo de energía de la instalación es, según la fórmula anterior, proporcional al cubo de la velocidad del viento. El empuje que actúa sobre la instalación es proporcional al cuadrado de la velocidad del viento. Ambos dependen sin embargo, entre otros, también del ángulo de pala de rotor ajustado. Por consiguiente empuje y potencia llegan a cero tan pronto como las palas de rotor se ajustan en la dirección de posición en bandera.

30 La figura 1 muestra una solución para la velocidad de giro variable según el estado de la técnica. El rotor 1 del aerogenerador está alojado en el bastidor de la máquina con un alojamiento de rotor 2. El rotor 1 es en la mayoría de los casos un rotor denominado de tres palas con palas de rotor ajustables en gran parte de forma individual. Mediante el ajuste de las palas de rotor el consumo de potencia de la cadena cinemática de la instalación se regula, o este puede desconectarse con la menor carga posible mediante el ajuste de las palas de rotor en la dirección de posición en bandera. Para poder desconectar la instalación de manera segura, las palas de rotor generalmente se ajustan de manera individual, por lo que se crea una redundancia requerida y con ello el ajuste de pala de rotor también sirve como freno de emergencia

40 A continuación el rotor 1 impulsa el engranaje principal 3. Este engranaje principal 3 consta generalmente de dos etapas de rueda planetaria y una de rueda de dientes rectos. Sin embargo en este caso hay una multitud de variantes con respecto al número y el tipo de las etapas de engranaje. El lado de marcha rápida del engranaje principal está conectado generalmente por medio de un acoplamiento 5 con el generador 6, por ejemplo una máquina sincrónica excitada mediante imanes permanentes. Por razones de seguridad, como complemento o como alternativa al ajuste de palas de rotor hay un freno de emergencia 4 que en la mayoría de los casos está dispuesto entre el engranaje principal 3 y el generador 6 y que también solo puede estar realizado como freno de mano (por ejemplo para trabajos de mantenimiento). El freno de emergencia 4 es generalmente un dispositivo en arrastre de fuerza, por ejemplo un freno de disco, pero puede también estar realizado como dispositivo en arrastre de forma, por ejemplo como inmovilización de rotor. Además, el freno de emergencia 4 puede estar dispuesto también entre el rotor 1 y el engranaje principal 3 o delante o detrás del generador 6. La función principal de este freno de emergencia 4 es poder detener de manera segura la instalación cuando aparece un fallo o para la protección de personas, preferiblemente en combinación con el ajuste de palas de rotor mencionado anteriormente. Con ello el freno de emergencia 4 es un equipo de protección autárquico, que (basándose en las normas vigentes) generalmente no debe asumir ninguna función operativa adicional. El ajuste de palas de rotor no representado en el dibujo puede desempeñar en teoría también solo la función del freno de emergencia 4 que en este caso no sería necesario. El generador 6 está conectado a través de un convertidor de frecuencia con un rectificador 7 y un inversor 8 y un transformador 9 a la red de media tensión 10. Con el circuito intermedio de corriente continua que une el rectificador 7 y el inversor 8 está conectado un denominado circuito troceador 12 con una resistencia 11.

60 En los ejemplos de las figuras 1 a 3 el rotor 1 con un alojamiento de rotor 2, el engranaje principal 3, un freno de emergencia 4, el acoplamiento 5 y el generador 6 son los componentes esenciales de un denominado sistema de propulsión. En instalaciones para la obtención de energía a partir de las corrientes marítimas, turbinas hidráulicas o bombas el sistema de propulsión puede estar construido de manera similar, pero por ejemplo no tiene que presentar componentes como el engranaje principal 3 o puede presentar otros componentes.

65 Debido a un fallo en el sistema de propulsión o en el caso de una parada rápida o de emergencia de la instalación condicionada por el funcionamiento, o en caso de un fallo de red o corte eléctrico el generador 6 no puede recibir

más potencia y se produce una bajada de potencia. Con ello el par que acciona el rotor 1 llevaría al sistema de propulsión de la instalación a una velocidad de giro excesiva. Para impedir velocidades de giro perjudiciales para la instalación, podría activarse en teoría el freno de emergencia 4, que en la mayoría de los casos está realizado como freno de disco. En el caso de una red débil 10 esta con frecuencia se avería, lo que en cualquier caso también lleva a una bajada de potencia. Por razones de seguridad, por tanto para este estado operativo recurrente no se permite el uso del freno de emergencia 4. Por tanto, en instalaciones según el estado de la técnica la velocidad de giro excesiva se impide mediante un ajuste rápido de las palas de rotor, por lo que puede evitarse una activación del freno de emergencia 4. Una desventaja esencial de este método es que por ello también el empuje que actúa sobre la instalación se reduce de manera correspondientemente rápida, lo que sobre todo lleva a una carga elevada de la torre de la instalación. Una desventaja adicional sería que, en caso de un corte eléctrico de corta duración, esto es un corte eléctrico con tensión nominal recurrente de corta duración— llamada brevemente LVRT por sus siglas en inglés, puede tardar relativamente mucho tiempo hasta que la instalación llegue de nuevo al nivel de potencia producido antes de la aparición de este fallo de red, dado que el ajuste de palas de rotor debe volver a la posición de trabajo original, lo que a veces dura más de lo exigido por el reglamento de alimentación de red.

Por este motivo entre tanto en las instalaciones según estado de la técnica el circuito troceador 12 y la resistencia 11 están dimensionados de modo que estos pueden recibir la potencia nominal de la instalación durante varios segundos y transformarla en calor. La ventaja que resulta de esto es que el par en el sistema de propulsión puede mantenerse de momento y con ello no es necesario ningún ajuste de palas de rotor rápido, por lo que tampoco el empuje que actúa en la instalación varíe bruscamente. Además, cuando se restaura la red la potencia emitida a la red de nuevo puede regularse a un nivel alto rápidamente, dado que entonces, de inmediato, el inversor 8 puede emitir potencia de nuevo a la red mientras que el circuito troceador al mismo tiempo regula a un nivel bajo la energía emitida a las resistencias. En el caso ideal con ello el par aplicado en la cadena cinemática durante una bajada breve de tensión de red permanece constante.

La figura 2 muestra un concepto conocido de un aerogenerador con accionamiento diferencial electromecánico. La cadena cinemática del aerogenerador comienza también en este caso fundamentalmente en el rotor 1 con sus palas de rotor y finaliza con el generador 13. Igualmente en este caso el rotor 1 impulsa el engranaje principal 3 y a continuación el engranaje diferencial 14. El generador 13 está conectado con la rueda con dentado interno del engranaje diferencial 14 y su piñón con el accionamiento diferencial 16. El engranaje diferencial 14 en el ejemplo mostrado en la figura es de una etapa y el accionamiento diferencial 16 está en disposición coaxial tanto respecto al árbol de salida del engranaje principal 3, como respecto al árbol de accionamiento del generador 13. En la forma de realización mostrada, en el caso del generador 13 está previsto un árbol hueco que permite que el accionamiento diferencial 16 se coloque en el lado del generador 13 opuesto al engranaje diferencial 14. Por este motivo la etapa de diferencial es preferiblemente un grupo constructivo separado, unido al generador 13, que entonces preferiblemente a través de un freno de emergencia 4 y un acoplamiento 5 está unido al engranaje principal 3. Para el freno de emergencia 4 se aplica por analogía lo mismo que ya se ha expuesto en las explicaciones respecto a la figura 1. El árbol de unión 15 entre engranaje diferencial 14 y accionamiento diferencial 16 se realiza preferiblemente en una variante especialmente escasa de momento de inercia de masa como, por ejemplo, árbol de compuesto de fibra compuesta con fibra de vidrio o fibra de carbón o una combinación de ambos materiales, en la que diferentes secciones del árbol presentan diferentes materiales. El accionamiento diferencial 16 está conectado por medio de un convertidor de frecuencia 17 y de un transformador 18 a la red de media tensión 19. La ventaja esencial de este concepto es que el generador 13, preferiblemente un generador síncrono de media tensión de excitación independiente, directamente, es decir sin electrónica de potencia compleja, puede unirse a la red de media tensión 19. El reajuste entre velocidad de giro de rotor variable y velocidad de giro de generador fija se realiza mediante el accionamiento diferencial 16 de velocidad de giro variable que tiene una potencia de preferiblemente alrededor del 15% de la potencia total de la instalación.

La ecuación de par para el accionamiento diferencial es:

$$\text{par}_{\text{accionamiento diferencial}} = \text{par}_{\text{rotor}} \cdot y / x,$$

siendo la magnitud y/x una medida para las relaciones de transmisión en el engranaje principal 3 o en el engranaje diferencial 14. El par en el accionamiento diferencial 16 es siempre proporcional al par en toda la cadena cinemática.

Sin embargo, una desventaja de este concepto a diferencia del concepto de instalación según la figura 1 es que, en el caso de por ejemplo una avería en la red o LVRT el generador 13 no puede alimentar más potencia a la red 19. Con ello el par aplicado llevará al rotor 1 o a la cadena cinemática de la instalación a una velocidad de giro excesiva siempre y a no ser que el sistema de ajuste de pala de rotor no reaccione de inmediato y rápidamente.

Lo mismo es válido también para las así llamadas máquinas de corriente trifásica de alimentación doble en las que el rotor del generador a través de un convertidor de frecuencia, pero el estator del generador está conectado con la red directamente o mediante un transformador. Con ello también en este caso, en la aparición de un fallo la potencia no puede mantenerse, con lo que de acuerdo con el estado de la técnica solo queda la opción con el ajuste de las palas de rotor rápida que repercute, eventualmente de manera desfavorable como medio para evitar una velocidad de giro excesiva.

La figura 3 muestra la cadena cinemática de un aerogenerador con un accionamiento diferencial de acuerdo con la presente invención. Fundamentalmente esta está construida igual que la de la figura 2. Sin embargo, la diferencia esencial es que entre el engranaje principal 3 y el engranaje diferencial 14 está incorporado un freno de servicio 20.

5 En el ejemplo representado este está situado entre el freno de emergencia 4 y el acoplamiento 5, pero opcionalmente puede estar colocado fundamentalmente en cualquier parte en la cadena cinemática. La ventaja en la colocación entre el engranaje principal 3 y el engranaje diferencial 14 es que en este caso el momento de frenado actúa sobre el árbol de marcha rápida del engranaje y por ello se aplica un par lo más reducido posible. Además las fuerzas de frenado se dividen correspondiendo a los momentos de inercia de masa, lo que provoca que una gran parte del momento de frenado actúe a través del engranaje principal 3 sobre el rotor 1. Con ello el generador 13 y el accionamiento diferencial 16 mediante la operación de frenado experimentan una carga de par lo más pequeña posible. Este no es el caso cuando el freno de servicio está conectado, por ejemplo, con el árbol de rotor del generador 13 y el accionamiento diferencial 16 con ello debe soportar momento de frenado introducido mediante un freno de servicio 20. Según la invención esta variante que está representada esquemáticamente en la figura 4 no debe descartarse. La finalidad del freno de servicio 20 comparada con la del circuito troceador 12 y la de la resistencia 11 de la figura 1, es concretamente que este pueda recibir la potencia nominal de la instalación durante varios segundos completamente o, a menos que sea suficiente, también solo parcialmente y transformarla en calor. La ventaja que resulta de ello es también en este caso que un par pueda mantenerse de momento en el sistema de propulsión y con ello no sea necesario ningún ajuste de palas de rotor rápido, por lo que también el empuje que actúa sobre la instalación no se modifique bruscamente.

En caso de arranque el control de instalación detecta primeramente si se trata de un corte eléctrico o de un fallo de red de corta duración (un fallo denominado LVRT) en el que la instalación va o tiene que permanecer en la red. Esto dependiendo de las condiciones técnicas de alimentación de red exige un periodo de aproximadamente 0,5 a 3 segundos, durante el cual sería ideal que las palas de rotor no se ajustaran esencialmente. Con ello, en el caso de una restauración repentina de la red la potencia que va a emitirse a la red puede regularse a un nivel alto de manera muy rápida, al reducirse de forma correspondientemente rápida la potencia “destruida” mediante el freno de servicio 20. De forma ideal el freno de servicio 20 debe regularse de modo que el par que actúa desde la cadena cinemática sobre el rotor 1 durante este periodo de tiempo permanezca esencialmente constante o al menos tan alto que se impida una velocidad excesiva del rotor 1. Esto funciona de manera mucho más rápida de lo que podría realizarse mediante el ajuste de las palas de rotor. Si este no es el caso y se presenta otro fallo entonces la instalación puede desconectarse lentamente. Dicha operación de desconexión puede durar, por ejemplo hasta 15 segundos durante los cuales deben expulsarse cantidades de energía de magnitud correspondiente, por ejemplo transformarse en calor. A este respecto el par que actúa desde la cadena cinemática sobre el rotor después de preferiblemente como máximo 7 segundos, sin embargo de manera ideal para limitar la carga térmica, ya después de aproximadamente 3 a 5 segundos se regula hacia cero de manera correspondiente.

Resumiendo puede constatarse que la función principal del freno de servicio 20 consiste en la delimitación de la velocidad de giro de rotor y/o de la velocidad de giro de generador dado que, con ello, ya no es necesario un ajuste rápido de las palas de rotor en su mayor parte. A diferencia de esto el freno de emergencia 4 tiene como meta la parada (velocidad de giro de rotor en aproximadamente 0 min-1) de la instalación.

El freno de servicio 20, que de acuerdo con la invención está realizado como retardador puede aceptar distintas formas de realización. En este caso cabe mencionar en primer lugar el grupo de los retardadores hidrodinámicos. Los retardadores hidrodinámicos trabajan generalmente con aceite que, en caso de demanda se conduce a una carcasa de convertidor. La carcasa de convertidor consta de dos ruedas de paletas en simetría rotacional y enfrentadas, un rotor, que está conectado con la cadena cinemática de la instalación y un estator estacionario. El rotor acelera el aceite alimentado y la fuerza centrífuga la presiona hacia afuera, Mediante la forma de las paletas de rotor el aceite se conduce hacia el estator que por ello frena un par de freno hacia el rotor y a continuación también después toda la cadena cinemática.

Mediante el rozamiento la energía cinética se transforma en calor que debe expulsarse de nuevo mediante un intercambiador de calor, lo que por ejemplo puede realizarse con ayuda del circuito de agua de refrigeración de la instalación. Para la activación el retardador se inunda preferentemente con aceite desde un contenedor de reserva que mediante las ruedas de paletas se bombea otra vez de vuelta automáticamente.

Una opción de realización adicional es un retardador de agua que igualmente funciona según el principio aerodinámico, aunque emplea agua en lugar de aceite como líquido de freno. De acuerdo con el grado de llenado y la diferencia de velocidad de giro entre rotor y estator se establece el momento de frenado. La energía producida a este respecto se transforma exclusivamente en energía calorífica en la cámara de trabajo hidrodinámica del retardador y directamente absorbido por el agua de refrigeración. El agua de refrigeración calentada se enfría en este caso directamente a través del circuito de agua de refrigeración de la instalación. Este circuito de agua de refrigeración suele existir generalmente para poder enfriar, por ejemplo el generador 13, el accionamiento diferencial 16 y el convertidor de frecuencia 17 etc.

En caso de un retardador electrodinámico como freno de servicio, por ejemplo un freno de corriente parásita, por

ejemplo dos discos de acero (rotores), que no están magnetizados están conectados con la cadena cinemática. Entre estos está situado el estator con bobinas eléctricas. Cuando mediante la activación del retardador se introduce corriente se generan campos magnéticos que se cierran mediante los rotores. Los campos magnéticos opuestos generan entonces el efecto de frenado. El calor formado se emite de nuevo por ejemplo mediante discos de rotor de ventilación interna.

Una ventaja esencial de un retardador como freno de servicio es su ausencia de desgaste y buena capacidad de regulación. De este modo el momento de frenado puede ajustarse u optimizarse dependiendo del estado operativo de la instalación, o durante el transcurso de una maniobra de freno.

La figura 4 muestra un accionamiento diferencial según una forma de realización adicional de la invención. En el ejemplo mostrado el freno de servicio 20 está conectado con el árbol de rotor del generador 13. El freno de servicio 20 está realizado a este respecto como retardador electrodinámico. La potencia para la excitación del freno de servicio 20 se extrae de un circuito intermedio de corriente continua del convertidor de frecuencia 17. Con ello el accionamiento diferencial 16 actúa adicionalmente como freno. Por medio de un puente de semiconductor 21 controlable, preferiblemente basado en IGBT, la corriente de excitador para el retardador 20 puede regularse correspondiendo al momento de frenado necesario. El momento de frenado para el freno de servicio 20 requerido depende de la referencia de la instalación. En el caso de aerogeneradores esto puede alcanzarse según la descripción de la figura 2 hasta aproximadamente la altura del par nominal del sistema de propulsión, pero puede estar también a más altura en caso de demanda. En caso de una adaptación óptima entre el ajuste de palas de rotor, la velocidad de giro excesiva permitida para los componentes del sistema de propulsión y el momento de frenado del freno de servicio, el momento de frenado necesario para el freno de servicio 20 sin embargo puede ser también esencialmente menor.

El momento de frenado que actúa sobre el sistema de propulsión se distribuye en el árbol de rotor del generador 13 y el accionamiento diferencial 16 correspondiendo a la multiplicación del engranaje diferencial 14. En una relación de multiplicación de, por ejemplo, 5 el momento de frenado que actúa sobre el sistema de propulsión aumenta en aproximadamente 20%, en comparación con un retardador colocado como en la figura 3.

Además, el sistema representado en la figura 4 puede regularse muy bien. El convertidor de frecuencia 17 puede realizarse y hacerse funcionar de acuerdo con la invención como se describe en el documento WO 2010/121783 A o el documento WO 2013/020148 A y presentar un acumulador de energía eléctrica o un circuito troceador con una resistencia en el circuito intermedio. Con ello también la energía necesaria para la excitación del retardador electrodinámico 20 está disponible en cada momento, lo que permite la utilización del freno de servicio 20 independientemente del estado de la red 19.

A este respecto, el objetivo de la regulación es impedir una velocidad de giro excesiva del sistema de propulsión, donde al mismo tiempo, por ejemplo en el caso de un LVRT, la velocidad de giro o el ángulo de fase del generador 13 puede mantenerse constante. Es decir, el accionamiento diferencial 16 y el convertidor de frecuencia 17 conectado con el mismo en esta forma de realización según la invención deben cumplir dos funciones. La primera el suministro del freno de servicio 20 con corriente de excitador desde el circuito intermedio de corriente continua del convertidor de frecuencia 17 y en segundo lugar la regulación de la velocidad de giro del generador 13 para estar en igualdad de fase esencialmente con la red 19 cuando se restaura la red.

La figura 5 muestra posibles curvas características para retardadores. A modo de ejemplo están representadas en este caso una línea continua como característica para un retardador hidrodinámico y una línea discontinua como característica típica de un retardador electrodinámico. Mediante diseño específico del retardador, su característica de diseño puede ajustarse a las exigencias. Durante el funcionamiento las curvas características para retardadores hidrodinámicos pueden modificarse mediante variación del grado de llenado o para retardadores electrodinámicos mediante variación de la corriente de excitación.

Por ejemplo la característica para el freno de servicio 20 está establecida de modo que se aproxima lo más posible a la característica de velocidad de giro/par de la instalación, por lo que en el caso de un corte eléctrico el comportamiento de la instalación con respecto al funcionamiento normal apenas se modifica. En este contexto es especialmente adecuado un retardador hidrodinámico en la utilización en una turbomáquina, dado que un retardador fundamentalmente tiene una característica cúbica, y con ello puede mantener reducido un gasto de regulación quizá necesario.

En el caso de una velocidad de giro igual a cero el retardador no genera ningún momento de frenado. Dado que en el caso de instalaciones de obtención de energía con un número de velocidad de giro de instalación reducido también se aplica solo un par reducido sin embargo por ello no se crea ninguna desventaja específica de cada aplicación.

Esto muestra la figura 6. La línea continua muestra a este respecto una característica típica de par/velocidad de giro para un aerogenerador. A este respecto el punto con 100% de velocidad de giro o 100% de par describe el punto nominal del aerogenerador. En aproximadamente 105% de la velocidad de giro la instalación en el funcionamiento

5 nominal se estabiliza en un par preferiblemente constante. Por encima de una velocidad de giro de 110% el par disminuye de nuevo, donde a este respecto hasta una velocidad de giro de 115% la instalación se hace funcionar con potencia constante. En caso de superación de 115% de la velocidad de giro la instalación se desconecta de la red. En el alcance operacional por debajo del punto nominal se intenta acercarse lo más posible a una característica cúbica, debiendo mantenerse en este caso límites de velocidad de giro específicas de cada diseño.

10 La línea discontinua es la característica del retardador, que describe preferiblemente una línea cúbica. En el punto de funcionamiento medio, en el funcionamiento nominal de la instalación, que por ejemplo se sitúa en aproximadamente 105% de la velocidad de giro la línea de par del aerogenerador se interseca con la característica del retardador.

15 En una variante de realización especialmente sencilla se prescinde de la variación de la excitación del retardador y la característica se establece de modo que en el punto de intersección de las dos características se alcanza un momento de frenado a la altura del par nominal de la instalación. Dado que el rotor del aerogenerador, cuando el ajuste de palas de rotor no está activo, sigue igualmente una característica cúbica la instalación en el caso de un corte eléctrico breve se mantiene equilibrada lo suficiente mediante el freno de servicio 20. Si bien con ello el efecto no es perfecto para todos los alcances operacionales, dado que sin embargo un salto de potencia durante el funcionamiento de la instalación con alta potencia tiene una repercusión especialmente perjudicial, esta simplificación es un buen compromiso entre por un lado comportamiento de la instalación en el caso de fallo, y por
20 otro lado la complejidad de un freno de servicio 20. La característica de par del freno de servicio 20 representada en la figura 6 discurre a lo largo de una gran parte del alcance operativo aproximadamente en la zona de la característica del aerogenerador. Mediante regulación exacta del grado de llenado o de la corriente de excitador puede alcanzarse una coincidencia aún mejor de las dos características— hasta llegar a una superposición en gran medida exacta de ambas características. En el funcionamiento de la instalación la velocidad de giro de la cadena
25 cinemática se estabilizará en la característica del freno de servicio y por ello se impedirá una velocidad excesiva. La potencia que va a emitirse cuando se restaura la red, puede regularse entonces mediante la regulación de potencia de la instalación de acuerdo con las exigencias de las condiciones de alimentación de red o las condiciones operativas predeterminadas.

30 En el ejemplo de realización descrito la máquina de trabajo es el rotor de un aerogenerador. En su lugar, sin embargo, también pueden emplearse rotores para la obtención de energía a partir de corrientes marítimas, turbinas hidráulicas o bombas. Además, la realización de acuerdo con la invención puede aplicarse también para aplicaciones industriales para poder frenar, por ejemplo, en caso de una avería de sistema en el modo operativo con el fin de impedir una velocidad de giro excesiva en el caso de fallo.

35 De acuerdo con la invención el freno de servicio (20) también puede utilizarse para instalaciones de obtención de energía según la figura 1, pudiendo estar dispuesto el freno de servicio en la cadena cinemática en particular entre el engranaje principal 3 y el generador 6.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para regular el funcionamiento de una cadena cinemática de una instalación de obtención de energía máquina eléctrica (6, 13) conectada con una red (10, 19) y con un rotor (1) que está conectado con la máquina eléctrica (6, 13), caracterizado por que en el caso de un corte eléctrico, fallo de red o una desconexión de emergencia se activa un freno de servicio (20) realizado como retardador, de modo que el par que actúa desde la cadena cinemática sobre el rotor (1) permanece esencialmente constante durante un periodo de al menos 0,5 segundos o al menos es tan alto que se impide una velocidad de giro excesiva del rotor (1).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el par (1) que actúa desde la cadena cinemática sobre el rotor durante un periodo de hasta 7 segundos, preferiblemente hasta 5 segundos, permanece esencialmente constante.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el par (1) que actúa desde la cadena cinemática sobre el rotor durante un periodo de hasta 3 segundos, permanece esencialmente constante.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el momento de frenado del freno de servicio (20) se reduce a aproximadamente cero en un periodo adicional de 5 hasta 20 segundos, preferiblemente de 10 a 15 segundos.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 para regular el funcionamiento de una cadena cinemática de una instalación de obtención de energía con un engranaje diferencial (14) con tres accionamientos o salidas, siendo la máquina eléctrica un generador, en el que el primer accionamiento está conectado con el rotor (1), una salida con el generador (13) y un segundo accionamiento con un accionamiento diferencial (16) que mediante un convertidor de frecuencia (17) y, dado el caso, un transformador (18) está conectado a una red eléctrica (19) caracterizado por que el freno de servicio (20) es un freno electrodinámico que está conectado a un circuito intermedio de corriente continua del convertidor de frecuencia (17).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la máquina eléctrica es un motor de corriente trifásica de alimentación doble.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la velocidad de giro de la máquina eléctrica (6, 13) se mantiene esencialmente con igualdad de fases hasta que se restaura la red.

Fig. 1

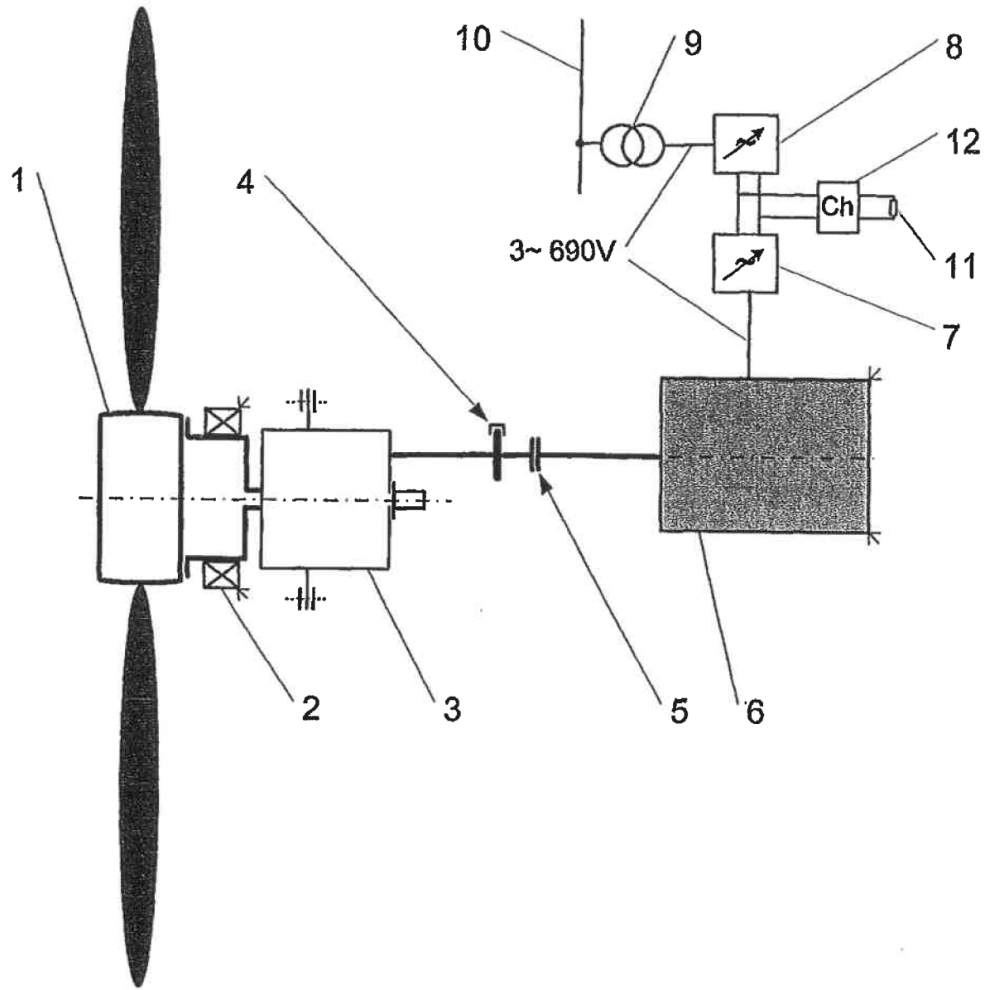


Fig. 2

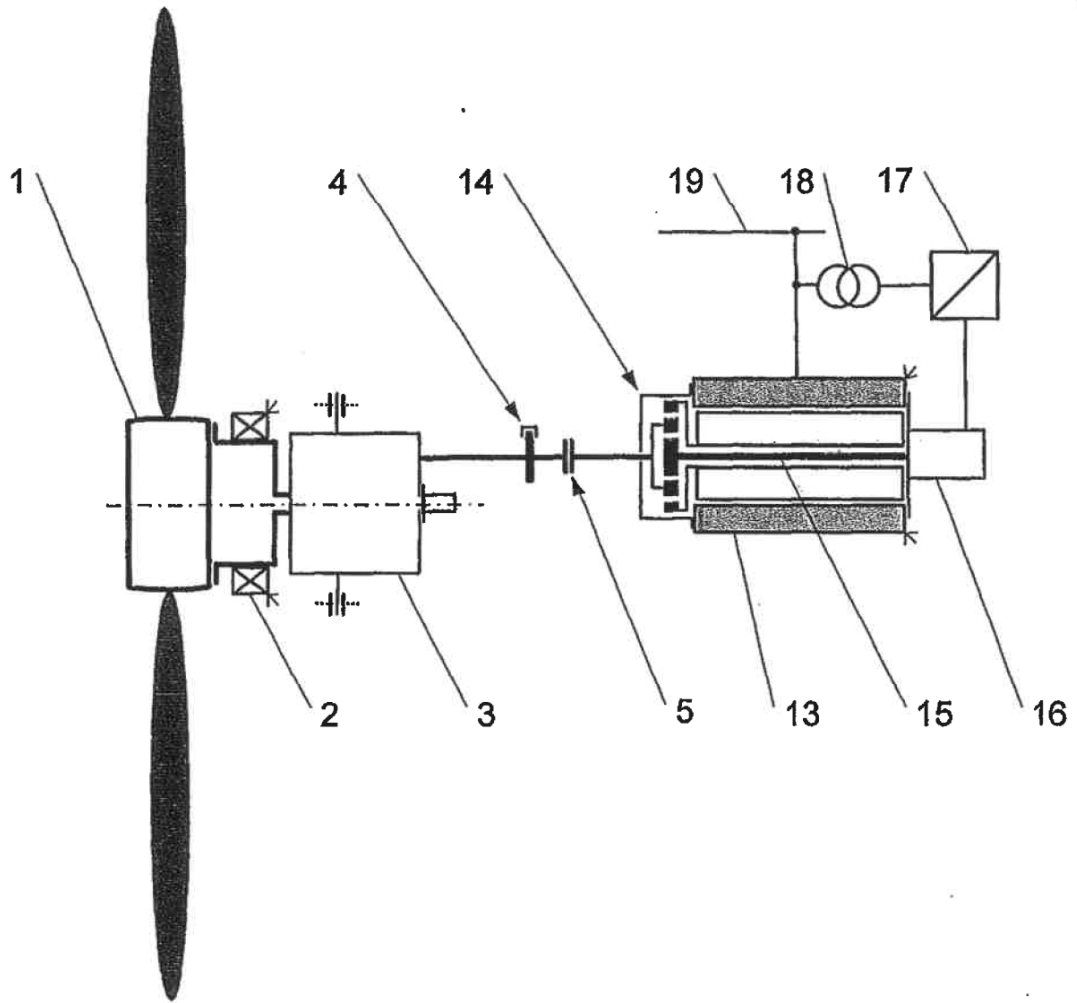


Fig. 3

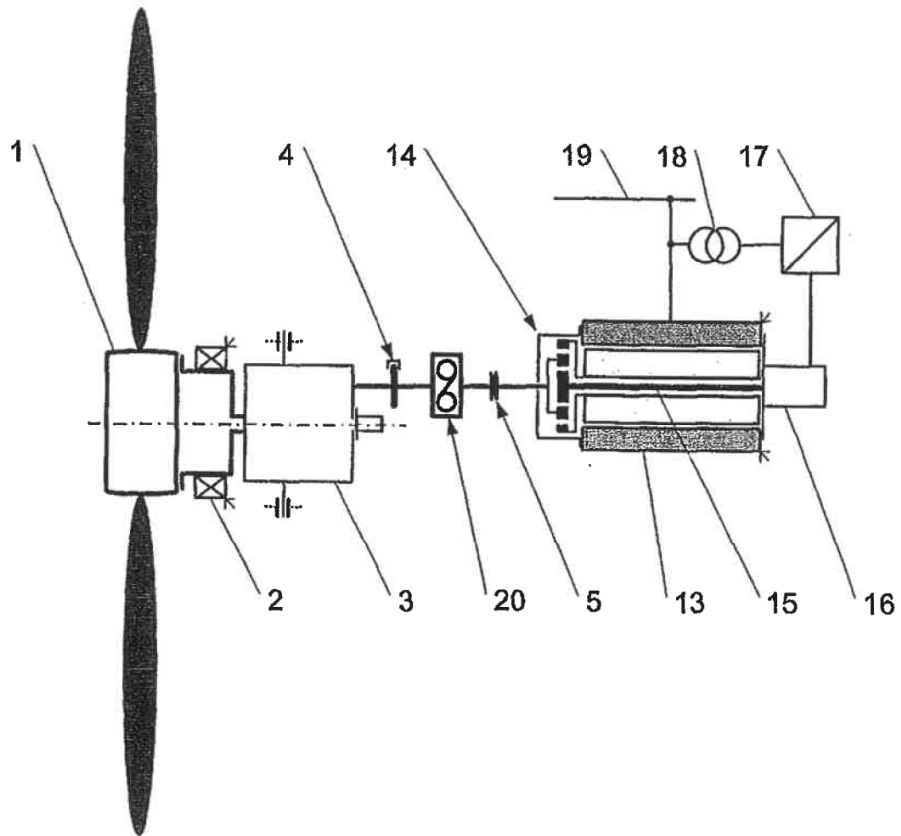


Fig. 4

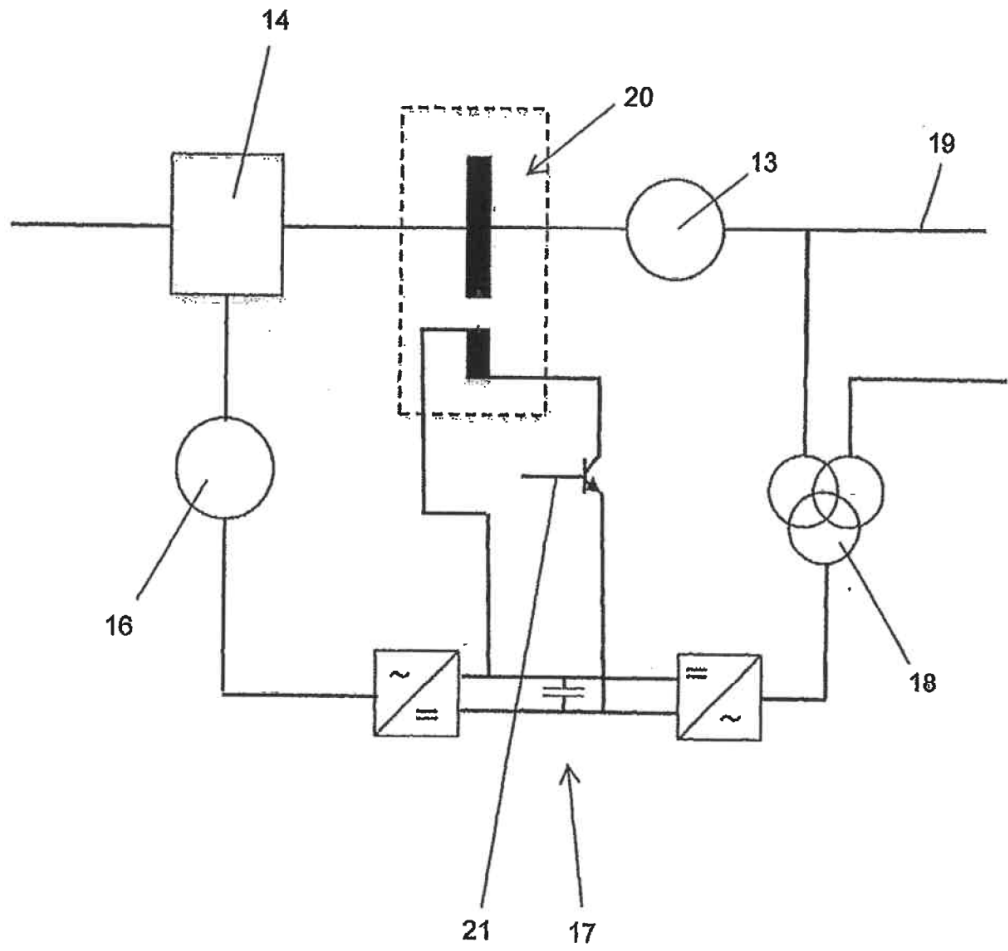


Fig. 5

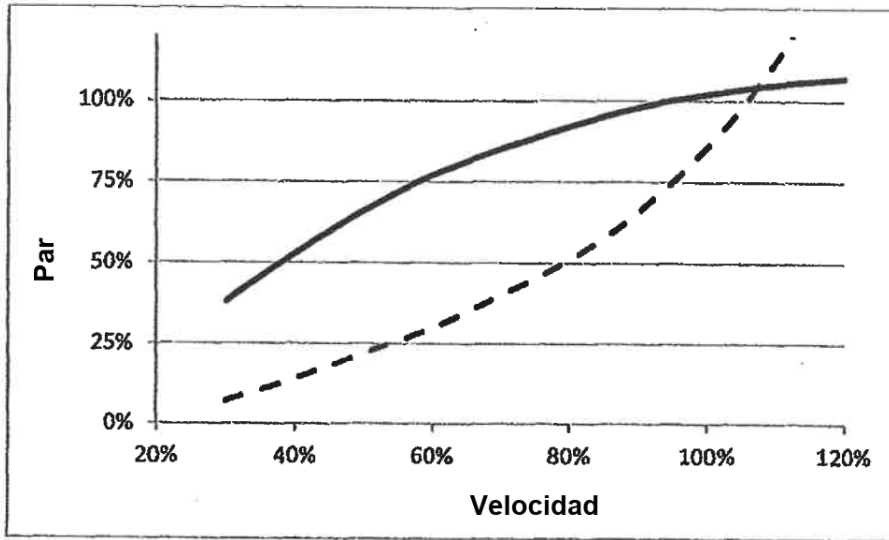


Fig. 6

