



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 379 708**

51 Int. Cl.:
F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07764467 .2**

96 Fecha de presentación : **03.07.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2052151**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.04.2009**

54 Título: **Sistema de pruebas de turbina eólica.**

30 Prioridad: **03.07.2006 DK 2006 00913**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.04.2012

73 Titular/es: **Vestas Wind Systems A/S**
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es: **Jensen, Jan Bisgaard**

74 Agente/Representante:
Arias Sanz, Juan

ES 2 379 708 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de pruebas de turbina eólica.

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema de pruebas de una turbina eólica para probar al menos una parte de los componentes de la góndola de un sistema de turbina eólica.

10 Antecedentes de la invención

Un desafío general en relación con turbinas eólicas ocurre cuando las turbinas eólicas están acopladas a redes de distribución débiles. Bajo ciertas circunstancias, un acoplamiento a una red débil puede dar como resultado la transferencia de, por ejemplo, transitorios, ruido o caídas o picos de voltaje entre la red de distribución y una turbina eólica acoplada a la red.

Por lo tanto es esencial probar las piezas individuales de un sistema de turbina eólica para determinar la capacidad para cumplir con los diferentes estados de la red antes de que el sistema de turbina eólica sea despachado de la fábrica (a menudo hacia partes muy distantes del mundo).

Sin embargo, no es suficiente asegurar que las piezas eléctricas del sistema de turbina eólica, tales como el generador y el convertidor de frecuencia de alimentación, sean capaces de gestionar estados de red simulados que correspondan a lo que podría esperarse durante el funcionamiento de la turbina eólica cuando se prueban como unidades individuales. Esto es debido al hecho de que la velocidad variable de giro del eje del tren de accionamiento y las interacciones mecánicas y eléctricas entre las distintas piezas de la góndola de la turbina eólica tienen una influencia importante en el rendimiento del sistema de turbina eólica.

Un sistema de pruebas de una turbina eólica para probar al menos una parte de los componentes de la góndola de un sistema de turbina eólica, sistema que incluye un banco de pruebas, un sistema de simulación de red y un sistema de simulación de viento, se divulga en el documento de Hui *et al.*: "Development of a Unified Design, Test and Research Platform for Wind Energy System Based on Hardware-in-the -Loop Real-Time Simulation", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, n° 4, agosto de 2006 (2006-08), páginas 1144-1151.

Uno de los varios objetos de la invención es establecer un sistema que sea capaz de simular físicamente un acoplamiento entre un sistema de turbina eólica y una red, o piezas de un sistema de turbina eólica y una red.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de pruebas de una turbina eólica para probar al menos una parte de los componentes de la góndola de una turbina eólica, incluyendo un sistema de generador eléctrico, estando montados dichos componentes de la góndola en una estructura de transporte de cargas de una góndola de dicho sistema de turbina eólica, comprendiendo dicho sistema de turbina eólica:

un banco de pruebas que está dispuesto para sostener dicha estructura de transporte de cargas de dicha góndola de la turbina eólica que incluye dichos componentes de la góndola,

un sistema de simulación de red que comprende

un sistema de convertidor de potencia y

un controlador de simulación que está dispuesto para acoplarse eléctricamente con al menos uno de dichos componentes de la góndola y que está adaptado para proporcionar

una red de distribución simulada en base a

una fuente de alimentación y

al menos una señal de control establecida por dicho controlador de simulación, y

un sistema de simulación de viento que comprende

un medio de giro del árbol de la turbina eólica dispuestos para estar acoplado con una pieza giratoria de dicho sistema de generador o sistema relativo al generador de una góndola de la turbina eólica o una parte de una góndola de la turbina eólica situada en dicho banco de pruebas.

Una característica ventajosa de la invención es que las características de un sistema de turbina eólica, o al menos parte de las mismas, se pueden probar en un entorno simulado físicamente de modo amplio, en el sentido de que las entradas de viento resultantes y las entradas de red resultantes se pueden evaluar en combinación, proporcionando así una oportunidad única de incorporar realimentación a y desde la red en una situación realista o una determinada situación deseada de pruebas.

El sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con las estipulaciones de la invención es ventajoso en particular para sistemas de turbina eólica, tales como góndolas, generadores, convertidores de frecuencia de alimentación, controladores de paso, etc., ya que tales sistemas deben estar optimizados a los efectos de evitar el desacoplamiento de la red debido a desviaciones respecto a las salidas ideales del sistema de turbina eólica o de la red, de modo que tal desacoplamiento puede evitarse de hecho o realizarse al menos por medio de un desacoplamiento suave.

Aunque el sistema de turbina eólica puede comprender una góndola completa de la turbina eólica o sólo partes de la misma, un generador debe estar comprendido en el sistema que se va a probar con el fin de probar la interacción entre el sistema de turbina eólica y una red simulada.

El uso de un banco de pruebas es ventajoso en el sentido de que la configuración de la prueba puede estandarizarse y proporcionar resultados reproducibles.

El controlador de simulación del sistema de simulación de red puede ser una unidad individual o formar parte de una red distribuida de controladores de simulación. En un modo de realización adicional, el sistema de convertidor de potencia del sistema de pruebas de una turbina eólica puede estar formado por un inversor de potencia de una turbina eólica que se va a probar. En otras palabras, el inversor de potencia puede formar parte de la configuración externa de la prueba, o de forma alternativa, establecerse por el propio inversor de potencia de las turbinas eólicas, si existe. De acuerdo con un modo de realización adicional, el sistema de convertidor de potencia del sistema de simulación de red puede establecerse de modo bastante rudimentario por medio de una(s) resistencia(s) sencilla(s) combinada(s) con un interruptor de encendido/apagado controlado por el controlador de simulación, por ejemplo, un interruptor manual.

El propósito del sistema de simulación de viento es establecer el movimiento resultante de las piezas móviles del sistema de turbina eólica como si el sistema estuviera activado por el viento. El sistema de simulación de viento puede estar referido a cualquier parámetro relevante para la simulación de viento, tal como la velocidad del viento, temperatura, turbulencia, par resultante del sistema de giro, etc.

Esta simulación de viento puede ser más o menos sofisticada, pero típicamente es importante que la simulación de viento resultante se relacione al menos en algo con estados reales.

El medio de giro del árbol del sistema de simulación de viento puede estar adaptado, por ejemplo, al par o a la velocidad para proporcionar estados de viento resultante típicos como entradas a la góndola por medio del sistema de giro.

El medio de giro del árbol puede estar acoplado típicamente de modo mecánico a una parte giratoria del sistema de generador o del sistema relativo al generador, tal como un cubo o caja de engranajes, con el fin de hacer girar una pieza relativa al generador como si el sistema de turbina eólica estuviera activado por ciertos estados de viento.

Como ejemplos de implementación de diferentes estados simulados de red, se remite amablemente al experto en la técnica a la descripción detallada de la presente invención, concretamente a la discusión de las figuras 7-12. Otros ejemplos de simulaciones de red y estados de viento se divulgan en el documento "Development of a unified design, test, and research platform for wind energy systems based on hardware-in-the-loop real time simulation", M. Steurer *et al.*, Power Electronics Specialists Conference, 2004, PESC 04, 2004 IEEE 35th annual, Aquisgrán, Alemania.

En un modo preferido de realización de la presente invención, dicho banco de pruebas está dispuesto para sostener una góndola completa de dicho sistema de turbina eólica.

Cuando se utiliza para probar el sistema antes de su envío, es ventajoso poder probar una góndola completamente ensamblada. Por lo tanto, se proporciona preferiblemente un banco de pruebas para una góndola a tamaño real, para comprobar y simular situaciones mecánicas, de viento, y/o de red, etc, variables. En este caso, bien una góndola completa o una o más piezas de la misma montadas en la estructura de transporte de cargas, tal como un generador, pueden estar sostenidas o fijadas mecánicamente lo suficiente con el fin de permitir la transferencia de energía mecánica del sistema de simulación de viento a una pieza giratoria o pieza móvil de las piezas que se van a probar.

Todavía en otro modo preferido de realización de la invención, dicho medio de giro del árbol comprende medios para estar conectados mecánicamente a un árbol de baja velocidad de un sistema de turbina eólica.

Con el fin de poder simular diferentes estados de viento en el caso en el que se incluya una caja de engranajes en las piezas que se van a probar, es ventajoso comprender medios para su conexión a un árbol de baja velocidad, que está conectado a la entrada de la caja de engranajes.

ES 2 379 708 T3

En otro modo preferido de realización de la invención, dicho medio de giro del árbol comprende medios para su conexión mecánica a un árbol de alta velocidad de un sistema de turbina eólica.

5 Con el fin de poder simular diferentes estados de viento en el caso en el que no se incluya una caja de engranajes en las piezas que se van a probar, es ventajoso comprender medios para su conexión a un árbol de alta velocidad, que está conectado directamente al rotor del generador.

10 En un modo de realización de la invención, dicha red de distribución simulada comprende medios para su acoplamiento eléctrico a un transformador de salida de un generador de dichos componentes de la góndola.

15 En algunos sistemas de turbina eólica, el interfaz eléctrico entre el generador y la red de distribución (simulada) comprende un transformador sencillo en lugar de, o en combinación con, un convertidor de frecuencia de alimentación. Tal transformador de salida del generador se proporciona para elevar la salida del generador, típicamente inferior a 1 kV, tal como 690 V, a un voltaje superior compatible con un convertidor o red acoplado subsiguientemente, tal como 3 kV o 30 kV. Por lo tanto, la red de distribución simulada de la presente invención comprende preferiblemente medios de interfaz con tal transformador de salida del generador.

20 En un modo preferido de realización de la invención, dicha red de distribución simulada comprende medios para su acoplamiento eléctrico con un convertidor de frecuencia de alimentación de dichos componentes de la góndola.

25 Algunos tipos de generadores, tales como los generadores de inducción doblemente alimentados (DFIG) y los generadores de multipolo síncronos, necesitan incluir algún tipo de conversión de frecuencia en el acoplamiento eléctrico a una red de distribución. Típicamente, esta conversión de frecuencia se realiza por medio de un convertidor de frecuencia de alimentación. Por lo tanto, la red de distribución simulada de la presente invención comprende preferiblemente medios de interfaz con tal convertidor de frecuencia de alimentación. Debe enfatizarse que la invención se refiere asimismo a tipos de generadores, tales como generadores de multipolo síncronos, en los que toda la potencia se transfiere entre el generador y la red de distribución mediante el convertidor de frecuencia de alimentación, así como a tipos de generadores, tales como DFIG, en los que algo de la potencia se transfiere mediante el convertidor de frecuencia de alimentación y algo se transfiere directamente entre el estator del generador y la red de distribución.

30 En un modo preferido de realización de la invención, dicho sistema de convertidor de potencia está dispuesto para simular diferentes estados de red como respuesta a señales de control de dicho controlador de simulación.

35 Las señales de control del controlador de simulación pueden abordar cualesquiera estados interesantes y relevantes de la red, tales como fallos, extremos, cambios súbitos o lentos en las frecuencias, transitorios, etc., permitiendo así una comprobación robusta y un modo ventajoso de optimizar el rendimiento de los sistemas de turbina en su ubicación. Tales pruebas pueden dar como resultado asimismo una mejora importante con respecto a la relación coste-eficiencia, ya que diferentes partes del sistema de turbina eólica se pueden probar “*en vivo*”.

40 Las señales de control del controlador de simulación pueden diseñarse para cualquier propósito de simulación deseado, y las señales pueden referirse, por ejemplo, a situaciones de red específicas que se saben relevantes para componentes específicos del sistema, permitiendo así pruebas relevantes y la optimización de componentes dedicados, o el controlador puede establecer, por ejemplo, simulaciones de red a los efectos de verificar que el sistema de turbina eólica completo funciona como se espera, por ejemplo, de acuerdo con códigos de red específicos.

45 En un modo preferido de realización de la invención adicional, dichos estados de red comprenden estados de fallo, estados de red débil y/o estados de red asimétrica.

50 Como red débil se puede entender la parte de la red que, bajo determinados estados, puede estar influida por sistemas acoplados, tales como turbinas eólicas.

55 Así pues, el término red débil se puede utilizar típicamente con relación a una red en la que es necesario tomar en cuenta el nivel de voltaje y fluctuaciones, ya que existe cierto riesgo de que los valores puedan superar los requerimientos en estándares. Las redes débiles pueden estar relacionadas con, por ejemplo, localizaciones más alejadas o periféricas en las que la red está diseñada para pequeñas cargas. En conexión con un sistema de turbina eólica, una red débil puede ser típicamente un sistema en el que la cantidad de energía eólica que se puede absorber está limitada por la capacidad de la red y, además, en la que la red puede transferir, bajo diferentes estados, ruido o cambios de nivel indeseados de un punto de conexión al sistema de turbina eólica acoplada a la red.

60 Todavía en otro modo preferido de realización de la invención, dichos estados de red comprenden variaciones de voltaje tales como caídas de voltaje, disminuciones de voltaje o aumentos de voltaje, cortocircuitos tales como cortocircuitos entre tierra y fases o cortocircuitos entre dos o más fases, variaciones del $\cos(\varphi)$ tales como aumentos o disminuciones de la potencia reactiva a y desde la red, variaciones de frecuencia de las fases, variaciones de corriente tales como disminuciones o aumentos, variaciones de forma de la curva de todas o algunas fases, o de fases individuales, y cualquier combinación de los mismos.

ES 2 379 708 T3

Preferiblemente, el sistema de simulación de red es capaz de simular sustancialmente todos los diferentes estados de red, incluyendo fallos y extremos, que el sistema de turbina eólica pueda experimentar durante su funcionamiento, de modo que el rendimiento del sistema de turbina eólica bajo tales estados se pueda comprobar en profundidad antes de despachar el sistema de turbina eólica a su ubicación de funcionamiento.

En un modo preferido de realización de la invención, dichos estados de red implican estados de red que varían en el tiempo.

Preferiblemente, el intervalo de estados de red anteriormente mencionado incluye asimismo estados de red que varían en el tiempo. Se pueden combinar estados variables en el tiempo o formas de curva específicas con cualquiera de los estados de red anteriormente mencionados.

En un modo de realización de la invención, dicha fuente de alimentación está proporcionada mediante una red de distribución.

Utilizar una red de distribución es una manera de suministrar la potencia necesaria al sistema de pruebas de una turbina eólica o a una parte del mismo. Evidentemente, cualquier fuente de administración adecuada puede aplicarse dentro del alcance de la invención, en tanto en cuanto las simulaciones resultantes correspondan a las simulaciones pretendidas de red y viento.

En un modo de realización de la invención, dicho sistema de convertidor de potencia comprende un convertidor basado en un interruptor de semiconductor.

Un modo de implementación preferido de un convertidor de potencia comprende un número adecuado de interruptores de semiconductor. Los semiconductores pueden estar controlados o configurados físicamente de acuerdo con técnicas de convertidor convencionales.

En un modo de realización de la invención, dicho convertidor basado en semiconductores es un convertidor basado en un tiristor.

Los semiconductores pueden comprender, por ejemplo, transistores o tiristores tales como BPT (transistor bipolar), IGBT (transistor bipolar de puerta aislada), MCT (tiristor controlado por semiconductor de metal-óxido), IGCT (tiristor controlado por puerta aislada) o tiristor GTO (apagado de puerta). Un semiconductor preferido actualmente es un tiristor GTO.

Evidentemente, el sistema de simulación de red puede estar basado en cualquier componente de conmutación que sea capaz de establecer los estados de red deseados.

En un modo de realización de la invención, dicho sistema de simulación de red comprende además un transformador de entrada de red acoplado entre dicha fuente de alimentación y dicho sistema de convertidor de potencia.

Ventajosamente, se proporciona un transformador para establecer la compatibilidad entre la fuente de alimentación, que puede ser, por ejemplo, una red de distribución de 30 kV, y el convertidor de potencia del sistema de simulación de red que funciona, por ejemplo, a 3 kV.

En un modo de realización de la invención, dicho sistema de simulación de red comprende además un transformador de salida de red acoplado entre dicho sistema de convertidor de potencia y dicha red de distribución simulada.

En un modo de realización en el que el sistema de simulación de red proporciona una red de distribución simulada de, por ejemplo, 30 kV, la salida del convertidor de potencia tiene que estar elevada del nivel típico de funcionamiento de los convertidores de potencia alrededor de 2 ó 3 kV.

En un modo de realización de la invención, dicho sistema de pruebas de una turbina eólica comprende además un sistema de simulación de tensiones de la góndola, un sistema de simulación de la temperatura del sistema de turbina eólica, y/o un sistema de simulación de humedad del sistema de turbina eólica.

Ventajosamente, se pueden establecer otros estados físicos diferentes con el fin de proporcionar una simulación física incluso más amplia y aún más realista.

En otro aspecto de la invención, ésta se refiere al uso de un sistema de pruebas de una turbina eólica como se describió anteriormente para establecer y evaluar una realimentación de al menos una parte del sistema de turbina eólica bajo estados de viento simulados físicamente en una red.

Establecer y evaluar la realimentación del sistema de turbina eólica permite que el personal experto realice las pruebas para estimar si el sistema de turbina eólica cumple con un conjunto dado de requerimientos especificados bajo diferentes estados de viento.

En un modo preferido de realización de la invención, un sistema de pruebas de una turbina eólica como se describió anteriormente se utiliza para establecer y evaluar una realimentación de al menos una parte de un sistema de turbina eólica dado bajo estados de viento simulados físicamente en una red antes de despachar dicho sistema de turbina eólica de la fábrica, en el que dichos estados de viento simulados corresponden a estados de viento que se sabe que están presentes en la ubicación de funcionamiento específica de dicho sistema de turbina eólica dado.

Con el fin de mejorar las simulaciones, los estados de viento simulados por el sistema de simulación de viento pueden estar correlacionados con estados que se sabe que están presentes en ubicaciones específicas con relación, por ejemplo, a cambios súbitos de la velocidad del viento, rachas de viento, direcciones fluctuantes del viento, turbulencias, efectos de estela, etc. Concretamente, los estados simulados de viento pueden estar correlacionados con la ubicación de funcionamiento del sistema de turbina eólica específico que se va a probar si tal ubicación es conocida en el momento de las pruebas.

Todavía en un modo preferido de realización de la invención, un sistema de pruebas de una turbina eólica como el descrito anteriormente se utiliza para establecer y evaluar una realimentación de al menos una parte de un sistema de turbina eólica dado bajo estados climáticos simulados físicamente en una red antes de despachar dicho sistema de turbina eólica de la fábrica, en el que dichos estados climáticos simulados incluyen estados del viento, estados de temperatura y/o estados de humedad que corresponden a estados climáticos que se sabe que están presentes en la ubicación específica de funcionamiento de dicho sistema de turbina eólica dado.

Las simulaciones se pueden mejorar aún más, si se correlacionan no sólo los estados de viento simulados, sino asimismo otros estados climáticos simulados con estados que se sabe que están presentes en las ubicaciones específicas con relación, por ejemplo, a temperatura y humedad, etc. Concretamente, los estados climáticos simulados pueden estar correlacionados con la ubicación de funcionamiento del sistema de turbina eólica específico que se va a probar si tal ubicación es conocida en el momento de la prueba.

En un modo de realización ventajoso de la invención, un sistema de pruebas de una turbina eólica como el descrito anteriormente se utiliza para establecer y evaluar una realimentación de al menos una parte de un sistema de turbina eólica dado bajo diferentes estados de red.

Establecer y evaluar una realimentación del sistema de turbina eólica permite que el personal experto realice la prueba para estimar si el sistema de turbina eólica cumple con un conjunto dado de requerimientos específicos bajo diferentes estados de red.

En un modo de realización ventajoso adicional de la invención, un sistema de pruebas de una turbina eólica como el descrito anteriormente se utiliza para establecer y evaluar el cumplimiento por al menos una parte de un sistema de turbina eólica dado de un conjunto de códigos de red antes de despachar dicho sistema de turbina eólica de la fábrica, en el que dichos códigos de red corresponden a códigos de red que se aplican en la ubicación específica de funcionamiento de dicho sistema de turbina eólica dado.

Dependiendo de la ubicación de funcionamiento de un sistema de turbina eólica dado, se requiere normalmente cumplir con un conjunto de códigos de red que representan un número de requerimientos en relación a la respuesta y reacción a ciertos estados de red especificados de un sistema de turbina eólica acoplado a una red de distribución.

Un sistema de turbina eólica se puede analizar, probar o verificar de acuerdo con distintos códigos de red en una situación simulada “*en vivo*”, preferiblemente con relación tanto a estados de viento como de red. El controlador de simulación puede simular cualquier código de red relevante en un entorno relevante a un análisis específico. De este modo, un sistema de turbina eólica o una parte de un sistema de turbina eólica se puede probar con el fin de verificar que la turbina eólica reacciona de acuerdo con códigos de red específicos. Concretamente, el cumplimiento por el sistema de turbina eólica de un conjunto de códigos de red que se aplican en la ubicación específica de funcionamiento del sistema de turbina eólica se puede probar si tal ubicación es conocida en el momento de la prueba.

Todavía en un modo de realización ventajoso adicional de la invención, un sistema de pruebas de una turbina eólica como el descrito anteriormente se utiliza para establecer y evaluar el cumplimiento por al menos una parte de un sistema de turbina eólica dado de un conjunto de códigos de red que comprenden requerimientos de la respuesta de un sistema de turbina eólica a diferentes estados de red, incluyendo variaciones de voltaje tales como caídas de voltaje, disminuciones de voltaje o aumentos de voltaje, cortocircuitos tales como cortocircuitos entre tierra y fases o cortocircuitos entre dos o más fases, variaciones del $\cos(\varphi)$ tales como aumentos o disminuciones de la potencia reactiva a y/o desde la red, variaciones de frecuencia de las fases, variaciones de corriente tales como disminuciones o aumentos, variaciones de forma de la curva de todas o algunas fases, o de fases individuales y cualquier combinación de las mismas.

Preferiblemente, el conjunto de códigos de red con relación a los cuales se comprueba el cumplimiento de un sistema de turbina eólica debe incluir sustancialmente todos los distintos códigos de red que el sistema de turbina eólica puede encontrar durante su funcionamiento, abarcando dichos códigos de red estados de red incluyendo fallos y extremos, de tal modo que el cumplimiento por el sistema de turbina eólica de todos los códigos de red relevantes se pueda probar en profundidad antes de despachar el sistema de turbina eólica a su ubicación de funcionamiento.

ES 2 379 708 T3

Todavía en un aspecto adicional de la invención, ésta se refiere a un procedimiento para probar al menos una parte de los componentes de una góndola de un sistema de turbina eólica una vez montados en una estructura de transporte de cargas de una góndola de dicho sistema de turbina eólica por medio de un sistema de pruebas de una turbina eólica que comprende las etapas de:

5 montar dichos componentes de la góndola en una estructura de transporte de cargas de una góndola de la turbina eólica;

10 situar dicha estructura de transporte de cargas en un banco de pruebas de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica,

acoplar un medio de giro del árbol de un sistema de simulación de viento de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a una pieza giratoria de un sistema de generador o de un sistema relativo al generador de dicha góndola de la turbina eólica,

15 acoplar eléctricamente una red de distribución simulada de un sistema de simulación de red de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a un componente eléctrico de la góndola,

20 hacer girar dicha pieza giratoria de un sistema de generador por medio de dicho sistema de simulación de viento que simula diferentes estados de viento,

exponer dicho componente de la góndola a diferentes estados de red simulada por medio de dicho sistema de simulación de red, y

25 establecer y evaluar una realimentación de dichos componentes de la góndola bajo diferentes estados de viento y de red simulados simultáneamente.

30 Realizar las etapas del procedimiento anteriormente mencionado permite al personal experto realizar las pruebas para estimar de un modo fiable y reproducible si el sistema de turbina eólica cumple con un conjunto dado de requerimientos especificados bajo diferentes estados de viento y red.

35 En un modo preferido de realización de la invención, ésta se refiere a un procedimiento de pruebas de al menos una parte de los componentes de la góndola de un sistema de turbina eólica una vez montados en una estructura de transporte de cargas de una góndola de dicho sistema de turbina eólica por medio de un sistema de pruebas de la turbina eólica, que comprende las etapas de:

montar dichos componentes de la góndola en una góndola de la turbina eólica;

40 situar dicha góndola de la turbina eólica en un banco de pruebas de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica,

acoplar un medio de giro del árbol de un sistema de simulación de viento de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a una pieza giratoria de un sistema de generador o de un sistema relativo al generador de dicha góndola de la turbina eólica,

45 acoplar eléctricamente una red de distribución simulada de un sistema de simulación de red de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a un componente eléctrico de la góndola,

50 hacer girar dicha pieza giratoria de un sistema de generador por medio de dicho sistema de simulación de viento que simula diferentes estados de viento,

exponer dicho componente de la góndola a diferentes estados de red simulada por medio de dicho sistema de simulación de red, y

55 establecer y evaluar una realimentación de dichos componentes de la góndola bajo diferentes estados de viento y de red simulados simultáneamente.

60 Ventajosamente, una góndola completamente ensamblada puede estar situada en el banco de pruebas y todos los componentes de la góndola se pueden probar simultáneamente siguiendo las etapas del procedimiento anteriormente mencionado.

Todavía en un modo preferido de realización de la invención, ésta se refiere a un procedimiento de pruebas como se describió anteriormente, en el que dicho sistema de pruebas de una turbina eólica comprende un sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con la presente invención.

65 Es ventajoso utilizar un sistema de pruebas de una turbina eólica como el descrito anteriormente para la prueba como se describió en el procedimiento anteriormente mencionado, ya que el sistema de pruebas de una turbina eólica está diseñado exactamente para ese propósito.

ES 2 379 708 T3

En un modo preferido de realización de la invención adicional, ésta se refiere a un procedimiento de pruebas como el descrito anteriormente, en el que dichos estados de red simulados incluyen estados de fallo de una red de distribución.

- 5 Con el fin de hacer que la prueba realizada de acuerdo con el procedimiento anteriormente mencionado sea lo más completa posible, deben incluirse sustancialmente todos los estados de red que un sistema de turbina eólica podría esperar encontrar durante su funcionamiento.

10 Dibujos

Algunos modos de realización de la invención se describirán a continuación con referencia las figuras, en las cuales:

- 15 la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande conocida en la técnica, vista desde el frente,

la fig. 2 ilustra una sección transversal de un modo de realización de una góndola simplificada, conocida en la técnica, vista desde el lado,

- 20 la fig. 3 ilustra un banco de pruebas para una góndola, de acuerdo con un modo de realización de la invención,

la fig. 4 ilustra un banco de pruebas para un generador, de acuerdo con un modo de realización de la invención,

- 25 la fig. 5 ilustra una configuración de pruebas de un sistema de simulación de red, representada esquemáticamente,

la fig. 6 ilustra una salida principal de un convertidor de potencia aplicado, de acuerdo con un modo de realización de la invención,

- 30 la fig. 7 ilustra una simulación de red de una caída de voltaje de hasta un 60% del voltaje nominal en todas las fases,

la fig. 8 ilustra una simulación de red de un cortocircuito de tres fases y una caída de voltaje de, aproximadamente, el 35% del voltaje nominal,

- 35 la fig. 9 ilustra una simulación de red de un fallo de dos fases con un nivel de voltaje del 100%, 0°/50%, 180°/50%, 180°, y

la fig. 10 ilustra una simulación de red de una caída de voltaje de, aproximadamente, hasta el 20% del voltaje nominal.

40

Descripción detallada

- 45 La fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna que comprende una torre 2 situada sobre unos cimientos y una góndola 3 de la turbina eólica, situada en la parte superior de la torre 2. El rotor 4 de la turbina eólica, que comprende tres aspas 5 de la turbina eólica, está conectado a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola 3.

- 50 La fig. 2 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3, vista desde el lado. Las góndolas 3 existen en una multitud de variantes y configuraciones, aunque en la mayoría de los casos el tren de accionamiento 14 de la góndola 3 comprende uno o más de los siguientes componentes: un engranaje 6, un acoplamiento (no mostrado), algún tipo de sistema de frenado 7 y un generador 8. Una góndola de una turbina eólica moderna 1 puede incluir asimismo un convertidor de frecuencia de alimentación 9 (denominado asimismo inversor) y equipo periférico adicional tal como equipo adicional de gestión de potencia, armarios de control, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeración y más.

55

- El peso de la totalidad de la góndola, incluyendo los componentes de la góndola 6, 7, 8, 9, es transportado por una estructura de transporte de cargas 10. Los componentes 6, 7, 8, 9 se sitúan habitualmente sobre esta estructura de transporte de cargas 10 común, y/o se conectan a la misma. En este modo de realización simplificado, la estructura de transporte de cargas 10 solo se extiende a lo largo de la parte inferior de la góndola 3, por ejemplo, en forma de una estructura de reposo sobre la cual se conectan algunos o todos los componentes 6, 7, 8, 9. En otro modo de realización, la estructura de transporte de cargas 10 podría comprender una campana de engranajes 11 que transfiera la carga del rotor 4 a la torre 2, o la estructura de transporte de cargas 10 podría comprender varias partes interconectadas tales como un entramado.

60

- 65 En este modo de realización de la invención, el tren de accionamiento 14 está establecido en un ángulo normal de funcionamiento NA de 8° con relación a un plano perpendicular al eje central a través de la torre 2.

ES 2 379 708 T3

La fig. 3 ilustra una sección transversal parcial de un banco de pruebas 12 que forma parte de un sistema de pruebas de una turbina eólica, que prueba una góndola 3 de una turbina eólica, visto desde el lado. Evidentemente, el banco de pruebas 12 ilustrado constituye solo una de las varias configuraciones diferentes posibles de tal configuración de pruebas dentro del alcance de la invención.

En este modo de realización de la invención, el banco de pruebas 12 comprende medios de accionamiento 13 en forma de un motor eléctrico 15 y un engranaje 16 entre los cuales se sitúan un sistema de frenado 17 y un acoplamiento flexible 18.

El árbol de salida del engranaje 16 del banco de pruebas está conectado con un acoplamiento flexible 18 del banco de pruebas 12, que está conectado a medios de aplicación de carga del banco de pruebas 12 en forma de medios de carga radial 20, que se describirán en mayor profundidad a lo largo de la descripción de la figura 4.

Los medios de carga radial 20 que comprenden un adaptador del árbol 24 están conectados a un árbol de entrada 21 de una góndola 3, que en este caso es el árbol de entrada 21 de un engranaje 6 de una turbina eólica, que a través de un sistema de frenado 7 y de un acoplamiento (no mostrado) está conectado a un generador 8 dentro de la góndola 3. En este modo de realización, la góndola 3 comprende además un convertidor de frecuencia de alimentación 9. El convertidor de frecuencia de alimentación comprende un interfaz eléctrico 91 a un sistema de simulación de red 92. Básicamente, la góndola 3 de la turbina eólica puede estar intercomunicada con una red mediante cualquier sistema de transferencia de potencia adecuado que comprenda los componentes relevantes para la aplicación específica. Tales componentes pueden comprender, por ejemplo, una combinación de uno o más transformadores, convertidores de frecuencia, rectificadores, amortiguadores de potencia, cables de potencia, etc.

En este modo de realización, el equipo de la turbina eólica (en forma de los componentes 6, 7, 8 del tren de accionamiento, conectados entre sí mediante el árbol de salida de alta velocidad 27 de la caja de engranajes 6 en la góndola) está situado en un ángulo A de 60 en relación a un plano horizontal, en el que el reborde de conexión de la torre 23 de la góndola 3 está conectado rígidamente a un reborde de conexión sustancialmente horizontal del banco de pruebas 12. Como la góndola 3 en la vida real estaría conectada a un reborde de conexión sustancialmente horizontal en la parte superior de una torre 2 de una turbina eólica, este ángulo A corresponde al ángulo NA de estos componentes específicos del tren de accionamiento cuando se sitúan en una turbina eólica 1 de funcionamiento ordinario.

En otro modo de realización de la invención, el reborde de conexión del banco de pruebas 12 podría estar en un ángulo con relación a un plano horizontal, o todo el banco de pruebas 12 podría estar en un ángulo o comprender medios para controlar el ángulo del banco de pruebas 12 y/o del equipo 22 bajo prueba.

En otro modo de realización de la invención, el reborde de conexión del banco de pruebas 12 podría comprender asimismo unos medios 19 para proporcionar carga al equipo con el fin de aumentar la eficiencia y/o el realismo de la prueba. Tales medios de aplicación de carga 19 podría aplicar, por ejemplo, cargas a un mecanismo de orientación (no mostrado) de una turbina eólica 1, la estructura de transporte de cargas 10 de una góndola 3 o el árbol de entrada 21, o podría aplicar cargas al equipo 22 bajo prueba de cualquier otro modo.

En este modo de realización de la invención, los medios de carga radial 20 son, al menos en principio, los únicos medios de aplicación de carga 19 del banco de pruebas 12 que aplican una carga directa al árbol de entrada 21 del equipo 22 bajo prueba. En otro modo de realización, sin embargo, el banco de pruebas 12 podría comprender, además, medios de aplicación de carga 19 para aplicar una carga al árbol de entrada 21 del equipo 22 o a cualquier otra parte del equipo 22 en cualquier dirección posible, tal como axialmente, diagonalmente, o en direcciones variables.

En un modo preferido de realización de la invención, el generador 8 de la góndola 3 está conectado a un sistema de simulación de red 92 que permite que el generador 8 actúe indirectamente como un medio de aplicación de carga 19 del banco de pruebas 12 durante la prueba, en la cual es posible simular diferentes situaciones de red tales como situaciones de sobrecarga extrema, situaciones de fallo, cortocircuitos, amplitud y ángulo de fase asimétricos o cualquier otra situación de red, ya sea independientemente o en cooperación. Por lo tanto, las diferentes situaciones de la red aplicarán indirectamente diferentes situaciones de carga sobre el equipo 22 bajo prueba a través del generador 8.

En otro modo de realización, el generador 8 podría estar simplemente conectado a la red de distribución del mismo modo que estaría en una turbina eólica 1 en funcionamiento.

En este modo de realización de la invención, el banco de pruebas 12 comprende medios de reducción de ruido 28 en forma de una caja de absorción de sonido 28, que rodea sustancialmente los medios de accionamiento 13 del banco de pruebas 12, permitiendo así que el ruido producido concretamente por los medios de accionamiento sea absorbido por la caja 28, reduciendo así la emisión de ruido del banco de pruebas 12.

En otro modo de realización, todo el banco de pruebas 12 podría estar rodeado por una caja de absorción de sonido 28 o las partes individuales de banco de pruebas 12 que producen ruido podrían estar equipadas individualmente con medios de reducción de ruido 28. En este modo de realización, los medios de reducción de ruido 28 son pasivos, pero en otro modo de realización, los medios 28 podrían ser activos, por ejemplo proporcionando un ruido en oposición de fase o de otro modo.

ES 2 379 708 T3

En este modo de realización de la invención, el banco de pruebas 12 comprende además medios de control de clima 29 en forma de una caja de clima 29 que rodea sustancialmente al equipo 22 de turbina eólica, o al menos a parte del equipo 22 que se va a probar en el banco de pruebas 12.

5 En este modo de realización, la caja de clima 29 permite que la temperatura dentro de la caja 29 se pueda ajustar y controlar libremente entre -45°C y 55°C cuando el equipo 22 está inactivo y no funciona, y entre -40°C y 90°C durante el funcionamiento del equipo 22 bajo prueba. Estos intervalos de temperatura son suficientes en el presente modo de realización de la invención para proporcionar un entorno eficiente y/o realista para el equipo 22 bajo prueba, pero
10 en otro modo de realización, el banco de pruebas 12 podría comprender unos medios para controlar la temperatura ambiente del equipo 22 dentro de intervalos diferentes, y los medios de control de clima 29 podrían comprender además medios para controlar otros parámetros del clima, tales como la humedad y/o la presión de aire.

La fig. 4 ilustra una variante de un sistema de pruebas de una turbina eólica, de acuerdo con un modo de realización adicional de la invención. En este modo de realización, el sistema de pruebas de una turbina eólica está acoplado tan
15 solo a parte de un sistema de turbina eólica, a saber, a un generador 48 de turbina eólica, visto en perspectiva.

En este modo de realización, un banco de pruebas 42 está en una posición sustancialmente horizontal cuando el generador 48 de la turbina eólica se levanta sobre el banco 42 y se conecta rígidamente al mismo.

20 Un sistema de simulación de viento 45 que comprende un motor eléctrico es accionado para establecer estados físicos deseados. El sistema de simulación de viento 45 transfiere giro al generador 48 por medio de un acoplamiento mecánico 49, y el banco de pruebas 42 completo puede estar inclinado para simular físicamente estados deseados adicionales.

25 El sistema de pruebas de una turbina eólica comprende además un interfaz eléctrico 191 a un sistema de simulación de red (no mostrado) que permite el acoplamiento del generador a una red simulada.

La fig. 5 ilustra un diagrama eléctrico representado esquemáticamente de un sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con uno de varios modos de realización dentro del alcance de la invención.

30 El modo de realización ilustrado comprende un sistema de simulación de red 59 y un sistema de simulación de viento 69, acoplados mutuamente mediante un sistema de turbina eólica 74. En este modo de realización presente, el sistema de turbina eólica comprende una góndola 72 o piezas de la góndola.

35 El sistema de simulación de red 59 y el sistema de simulación de viento 69 están acoplados ambos a una fuente de alimentación, tal como la red de distribución 500. Evidentemente, los sistemas de simulación pueden estar alimentados por dos fuentes de alimentación diferentes.

El sistema de simulación de red 59 comprende un convertidor de potencia 50 controlado por un controlador de simulación 51. El controlador de simulación 51 controla el convertidor de potencia 50 para establecer la simulación
40 de red pretendida en la salida del sistema de simulación de red 59. El convertidor de potencia 50 está acoplado con la red de distribución 500 a través de un transformador 54 y un interruptor 56, y está acoplado además con el sistema de turbina eólica 74 a través de un transformador 55, un interruptor 57 y un interfaz eléctrico 58.

45 El convertidor de potencia 50 ilustrado puede comprender, por ejemplo, un inversor de voltaje medio ALSPA VDM 7000, los interruptores 56, 57 ilustrados pueden comprender, por ejemplo, interruptores de 30 kV/50 Hz, el transformador 54 puede comprender, por ejemplo, un transformador trifásico 13 MVA de 30 kV/3,1 kV, y el transformador 55 puede comprender, por ejemplo, un transformador trifásico 13 MVA de 3,1 kV/30 kV.

50 El sistema de turbina eólica 74 ilustrado comprende una góndola 72 que comprende una transmisión mecánica 62, tal como una caja de engranajes, conectada a un generador 78 de la góndola 72. El generador puede estar acoplado, por ejemplo, eléctricamente al interfaz eléctrico 58 a través de un transformador de salida del generador 75, tal como un simple transformador o un convertidor de frecuencia de alimentación, dependiendo del tipo de sistema de turbina eólica 74 bajo prueba. El acoplamiento debe igualar la salida efectiva del sistema de simulación de red 59, aquí la salida del transformador 55. En el modo de realización de la figura 5, el transformador de salida del generador 75 se
55 muestra como un simple transformador, mientras que en los modos de realización de las figuras 2 y 3 se muestra un convertidor de frecuencia de alimentación 9.

Así pues, el sistema de simulación de red 59 puede estar establecido para proporcionar una salida simulada de red que puede estar alimentada directamente a un sistema de turbina eólica 74 que comprende un convertidor de potencia
60 9 o, por ejemplo, a un sistema de turbina eólica 74 que comprende sólo un transformador de salida del generador 75, como se ilustra en el presente modo de realización. El transformador de salida del generador 75 ilustrado transforma la salida del generador 78 de la góndola 72 de, aproximadamente, 690 V a 30 kV, por ejemplo.

65 El sistema de simulación de viento 69 se establece básicamente para proporcionar una situación en la entrada mecánica de la góndola 72 que corresponda a determinados estados de viento. El sistema de simulación de viento 69 comprende un convertidor de frecuencia 60 conectado a un motor 61, y que por lo tanto controla al mismo. El motor 61 está acoplado mecánicamente y de modo giratorio a la góndola 72 a través de un engranaje 63 que proporciona un giro lento de par elevado.

ES 2 379 708 T3

El convertidor de frecuencia 60 está acoplado aquí a la red de distribución 500 a través de un transformador 64 y un interruptor 66. El transformador 64 puede comprender, por ejemplo, un transformador 13 MVA de 30 kV/3,1 kV.

El convertidor de frecuencia 60 ilustrado puede comprender, por ejemplo, un inversor de voltaje medio ALSPA VDM 7000.

En referencia a las figuras 3 y 4, el sistema de simulación de red 59 y el sistema de simulación de viento 69 del sistema de pruebas de una turbina eólica pueden ser preferiblemente parte de los bancos de pruebas 12, 42, mostrados en las figuras 3 y 4, en los que las piezas principales comprenden el motor 61, que puede corresponder al motor 15 de la figura 3 o al motor 45 de la figura 4, y el engranaje 63, que puede corresponder al engranaje 16 de la figura 3. En el banco de pruebas a pequeña escala de la figura 3, cuando, por ejemplo, un generador 8 se prueba separadamente del resto de los componentes de la góndola, no es necesario ningún engranaje 6, en tanto en cuanto el motor y el engranaje sean compatibles. Asimismo, en un modo de realización, el sistema de simulación de red 59 y el interfaz eléctrico pueden corresponder al sistema de simulación de red 92 y al interfaz eléctrico 91 de la figura 3.

El modo de realización ilustrado facilita la prueba de la góndola 72 en una simulación física simultánea amplia, que cubre tanto una simulación de la red como del viento. Evidentemente, se pueden incluir parámetros adicionales en la configuración de la prueba, tales como temperatura, humedad, tensión mecánica, inclinación, etc., de un componente individual de un sistema de turbina eólica o de todos o de la mayoría de ellos en combinación.

El control de la configuración ilustrada de la prueba se puede establecer de diversos modos diferentes, dependiendo del propósito de la simulación, y los resultados de la prueba se pueden medir con diferentes procedimientos de prueba en diferentes puntos de medida del sistema de pruebas de una turbina eólica.

Debe notarse que el sistema de simulación de red ilustrado puede estar comprendido asimismo por sistemas de contacto más simples o primitivos con o sin circuitería de transformación asociada, tales como montajes de interruptores y/o resistencias u otras cargas, por ejemplo, para establecer un circuito de división de voltaje para simular caídas de voltaje. Tales sistemas de simulación serían adecuados típicamente para probar estados de red muy específicos, típicamente sólo unos pocos.

El/Los convertidor(es) pueden ser convertidores auto-conmutados, así como convertidores controlados externamente. En un modo preferido de realización de la invención, el circuito convertidor es un circuito convertidor de tiristor, que convierte la potencia de AC a DC, y de nuevo a AC, lo que otorga una posibilidad ventajosa de controlar una pluralidad de parámetros. En otro modo de realización de la invención, el sistema de convertidor puede ser asimismo un convertidor directo de AC u otro tipo de convertidor o unidades con la funcionalidad de un convertidor, conocidas por el experto en la técnica. Los convertidores pueden estar además temporizados manualmente, auto-temporizados, temporizados por red, temporizados por carga, temporizados mecánicamente o similares. Al controlar los circuitos de convertidor, es posible controlar una pluralidad de parámetros, lo que otorga la posibilidad de simular una pluralidad de escenarios diferentes, tales como fallos de red, variaciones de red, diferentes códigos de red, variaciones de la turbina eólica o similares.

Las simulaciones que conciernen a códigos de red, estabilidad de la red, y similares son herramientas poderosas para optimizar los parámetros de la turbina eólica. Es posible utilizar los convertidores de potencia para simular diferentes tipos de caída o aumento de voltaje en la red, cortocircuitos entre tierra y fases, cortocircuitos entre dos fases, cortocircuitos entre tres fases, compensación reactiva, variaciones de frecuencia, diferentes ángulos de fase, diferentes formas de la curva de amplitud, y otras simulaciones relevantes diferentes. Además, es posible simular e identificar diferentes períodos temporales que conciernen a diferentes escenarios.

Al situar diferentes sensores, tales como acelerómetros, sensores térmicos, sensores acústicos, cámaras térmicas, sensores de voltaje y corriente, y una pluralidad de otros sensores relevantes distintos conocidos por el experto en la técnica, es posible monitorizar los efectos de las simulaciones anteriormente mencionadas sobre la turbina eólica.

La fig. 6 ilustra una salida ejemplar de un convertidor de potencia, tal como el convertidor de potencia 50. El convertidor ilustrado, un inversor de voltaje medio ALSPA VDM 7000, es un convertidor multinivel, tal como un convertidor anclado de punto neutro de tres niveles, que suministra por lo tanto una salida que tiene una distorsión armónica relativamente baja cuando se acopla a un motor o a un transformador. La salida ilustrada ilustra un voltaje fase a fase en función del tiempo.

La fig. 7 ilustra una simulación de red de una caída de voltaje a un 60% del voltaje nominal en todas las fases con una configuración de potencia de inversor instalada de 18 MVA/18 MVA. Los dos valores establecidos de potencia se refieren a los dos lados del convertidor de frecuencia de alimentación, respectivamente.

v_U [kV] designa los voltajes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en kV.

i_u [A] designa las corrientes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en amperios.

ES 2 379 708 T3

V_{abs} [pu] e i_{abs} [pu] designan el voltaje absoluto combinado y la corriente absoluta combinada, respectivamente, por unidad, esto es, un valor de 1 indica un 100% de voltaje o corriente nominal de las fases del sistema de simulación de red.

5 En esta simulación, el período de prueba comienza en, aproximadamente, 0,06 segundos, y se observa que el nivel de voltaje del sistema se estabiliza tras 2,3 segundos.

La fig. 8 ilustra una simulación de red de un cortocircuito de tres fases y una caída de voltaje, aproximadamente, al 35% del voltaje nominal con una configuración de potencia de inversión instalada de 18 MVA/27 MVA.

10 v_U [kV] designa los voltajes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en kV.

i_u [A] designa las corrientes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en amperios.

15 V_{abs} [pu] e i_{abs} [pu] designan el voltaje absoluto combinado y la corriente absoluta combinada, respectivamente, por unidad, esto es, un valor de 1 indica un 100% de voltaje o corriente nominal de las fases del sistema de simulación de red.

20 En esta simulación, el período de prueba comienza en, aproximadamente, 0,06 segundos, y se observa que el nivel de voltaje del sistema se estabiliza tras 2,6 segundos.

La fig. 9 ilustra una simulación de red de un fallo de cortocircuito de dos fases con un nivel de voltaje de 100%, 0°/50%, 180°/50%, 180°, con una configuración de potencia de inversor instalada de 18 MVA/27 MVA. Las dos fases de fallo actúan como trayectoria de retorno para la corriente de la fase de trabajo.

25 v_U [kV] designa los voltajes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en kV.

30 i_u [A] designa las corrientes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en amperios.

v_{abs} [pu] e i_{abs} [pu] designan el voltaje absoluto combinado y la corriente absoluta combinada, respectivamente, por unidad, esto es, un valor de 1 indica un 100% de voltaje o corriente nominal de las fases del sistema de simulación de red.

35 En esta simulación, el período de prueba comienza en, aproximadamente, 0,06 segundos, y se observa que el nivel de voltaje del sistema se estabiliza tras 2,8 segundos.

La fig. 10 ilustra una simulación de red de una caída de voltaje de, aproximadamente, hasta el 20% del voltaje nominal con una configuración de potencia de inversión instalada de 18 MVA/36 MVA.

40 v_U [kV] designa los voltajes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en kV.

45 i_u [A] designa las corrientes de las diferentes fases de la salida del sistema de simulación de red, medidas en amperios.

V_{abs} [pu] e i_{abs} [pu] designan el voltaje absoluto combinado y la corriente absoluta combinada, respectivamente por unidad, esto es, un valor de 1 indica un 100% de voltaje o corriente nominal de las fases del sistema de simulación de red.

50 En esta simulación, el período de prueba comienza en, aproximadamente, 0,06 segundos, y se observa que el nivel de voltaje del sistema se estabiliza tras 2,8 segundos.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema de pruebas de una turbina eólica para probar eléctricamente al menos parte de los componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola de un sistema de turbina eólica (74), incluyendo un sistema de generador eléctrico (8, 48, 78), estando montados dichos componentes de la góndola (6, 7, 8, 9, 22) en una estructura de transporte de cargas (10) de una góndola (3, 72) de dicho sistema de turbina eólica (74), comprendiendo dicho sistema de pruebas de una turbina eólica
un banco de pruebas (12, 42) que está dispuesto para sostener dicha estructura de transporte de cargas (10) de dicha góndola (3, 72) de la turbina eólica que incluye dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola,
un sistema de simulación de red (59, 92) que comprende
un sistema de convertidor de potencia (50) y
un controlador de la simulación (51) que está dispuesto para estar acoplado eléctricamente con al menos uno de dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola y que está adaptado para proporcionar
una red de distribución simulada (54) basada en
una fuente de alimentación (500) y
al menos una señal de control establecida por dicho controlador de la simulación (51) y
un sistema de simulación de viento (45, 69) que comprende
un medio de giro del árbol (61) de la turbina eólica dispuesto para estar acoplado con una pieza giratoria de dicho sistema de generador (8, 48, 78) o un sistema relativo al generador de una góndola (3, 72) de la turbina eólica o una parte de una góndola (3, 72) de la turbina eólica situada en dicho banco de pruebas (12, 42).
2. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho banco de pruebas (12, 42) está dispuesto para sostener una góndola (3, 72) completa de dicho sistema de turbina eólica (74).
3. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho medio de giro del árbol (61) comprende medios para estar conectados mecánicamente a un árbol de baja velocidad de un sistema de turbina eólica y/o medios para estar conectados mecánicamente a un árbol de alta velocidad de un sistema de turbina eólica (74).
4. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha red de distribución simulada (58) comprende medios para estar acoplada eléctricamente a un transformador de salida del generador (75) de dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola.
5. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha red de distribución simulada (58) comprende medios para estar acoplada eléctricamente a un convertidor de frecuencia de alimentación (9) de dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola.
6. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sistema de convertidor de potencia (50) está dispuesto para simular diferentes estados de red en respuesta a señales de control de dicho controlador de la simulación.
7. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha fuente de alimentación (500) está suministrada por una red de distribución.
8. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sistema de simulación de red (59, 92) comprende además un transformador de entrada de red (54) acoplado entre dicha fuente de alimentación (500) y dicho sistema de convertidor de potencia (50).
9. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sistema de simulación de red (59, 92) comprende además un transformador de salida de red (55), acoplado entre dicho sistema de convertidor de potencia (50) y dicha red de distribución simulada (58).
10. Sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de simulación de tensiones en la góndola, un sistema de simulación de temperatura del sistema de turbina eólica y/o un sistema de simulación de humedad del sistema de turbina eólica.

ES 2 379 708 T3

11. Uso de un sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10 para establecer una realimentación a una red desde al menos una parte de un sistema de turbina eólica (74) bajo estados de viento simulados físicamente.
- 5 12. Uso de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la realimentación desde al menos una parte de un sistema de turbina eólica (74) dado se establece antes de despachar dicho sistema de turbina eólica (74) de la fábrica, y dichos estados simulados de viento corresponden a estados de viento que se sabe que están presentes en la ubicación específica de funcionamiento de dicho sistema de turbina eólica (74) dado.
- 10 13. Uso de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la realimentación se establece bajo estados climáticos adicionales simulados físicamente que incluyen estados de temperatura y/o estados de humedad que corresponden a estados climáticos que se sabe que están presentes en la ubicación específica de funcionamiento de dicho sistema de turbina eólica (74) dado.
- 15 14. Uso de un sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10 para establecer una realimentación desde al menos una parte de un sistema de turbina eólica (74) dado bajo diferentes estados de red.
- 20 15. Uso de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la realimentación establecida está de acuerdo con un conjunto de códigos de red, la realimentación se establece antes de despachar dicho sistema de turbina eólica (74) de la fábrica, y dicho conjunto de códigos de red corresponde a códigos de red que se aplican en la ubicación específica de funcionamiento de dicho sistema de turbina eólica (74) dado.
- 25 16. Procedimiento para probar eléctricamente al menos parte de los componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola de un sistema de turbina eólica (74) una vez montados en una estructura de transporte de cargas (10) de una góndola (3, 72) de dicho sistema de turbina eólica (74) por medio de un sistema de pruebas de una turbina eólica que comprende las etapas de:
- 30 montar dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola en una estructura de transporte de cargas (10) de una góndola (3, 72) de la turbina eólica,
- situar dicha estructura de transporte de cargas (10) en un banco de pruebas (12, 42) de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica,
- 35 acoplar un medio de giro del árbol (61) de un sistema de simulación de viento (45, 69) de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a una pieza giratoria de un sistema de generador (8, 78) o de un sistema relativo al generador de dicha góndola (3, 72) de la turbina eólica,
- acoplar eléctricamente una red de distribución simulada (58) de un sistema de simulación de red (59, 92) de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica a un componente eléctrico (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola,
- 40 hacer girar dicha pieza giratoria de un sistema de generador (8, 78) por medio de dicho sistema de simulación de viento (45, 69) que simula diferentes estados de viento,
- 45 exponer dicho componente (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola a diferentes estados simulados de red por medio de dicho sistema de simulación de red (59, 92), y
- establecer y evaluar una realimentación desde dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola bajo diferentes estados de viento y de red simulados simultáneamente.
- 50
17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, en el que
- la etapa de montar dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola en una estructura de transporte de cargas (10) de una góndola (3, 72) de la turbina eólica incluye montar dichos componentes (6, 7, 8, 9, 22) de la góndola en una góndola (3, 72) completa de la turbina eólica, y
- 55 la etapa de situar dicha estructura de transporte de cargas (10) en un banco de pruebas (12, 42) de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica incluye situar dicha góndola (3, 72) completa de la turbina eólica en el banco de pruebas (12, 42) de dicho sistema de pruebas de una turbina eólica.
- 60
18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16 ó 17, en el que dicho sistema de pruebas de una turbina eólica comprende un sistema de pruebas de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
- 65 19. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16-18, en el que dichos estados simulados de red incluyen estados de fallo de una red de distribución.

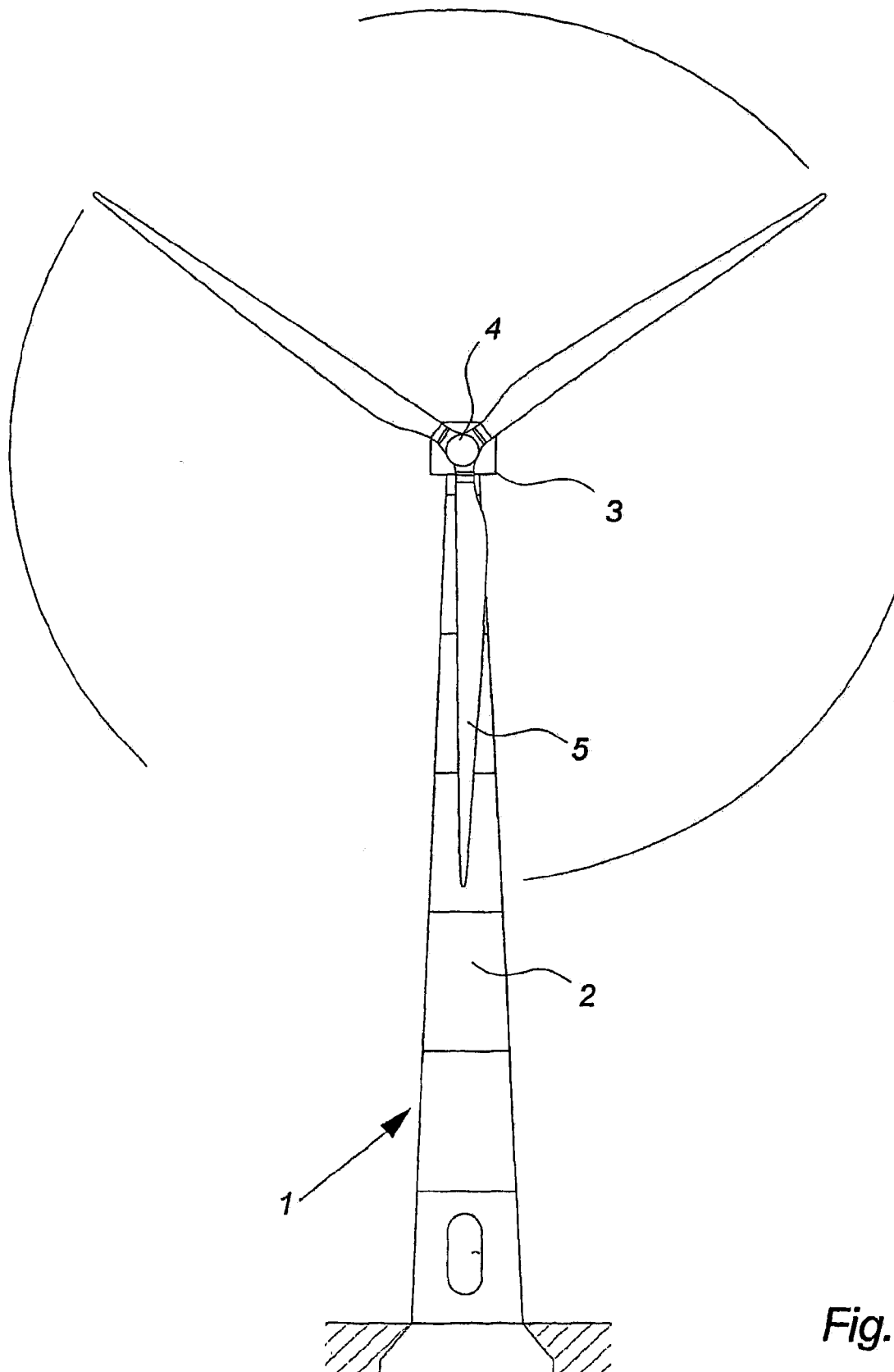


Fig. 1

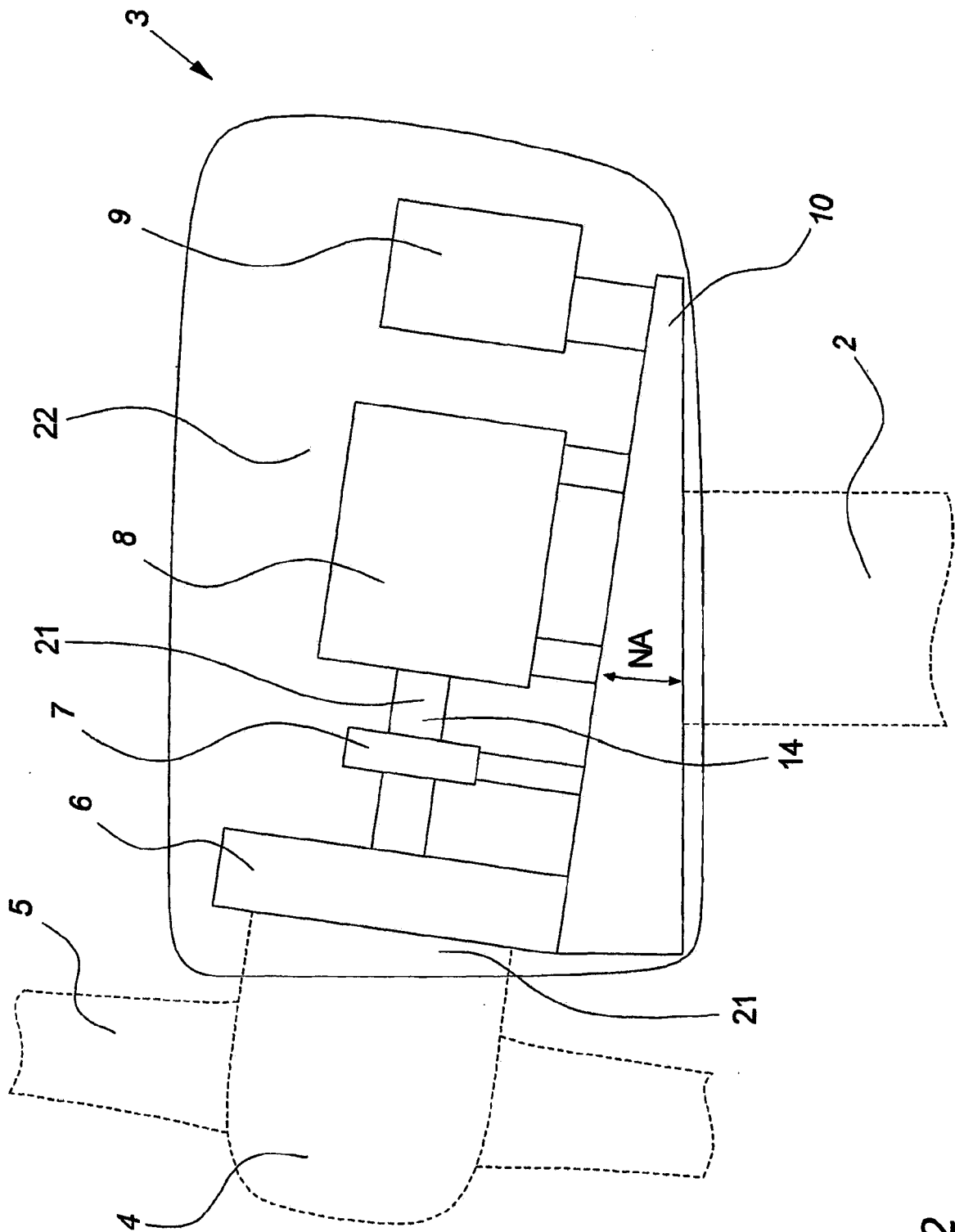


Fig. 2

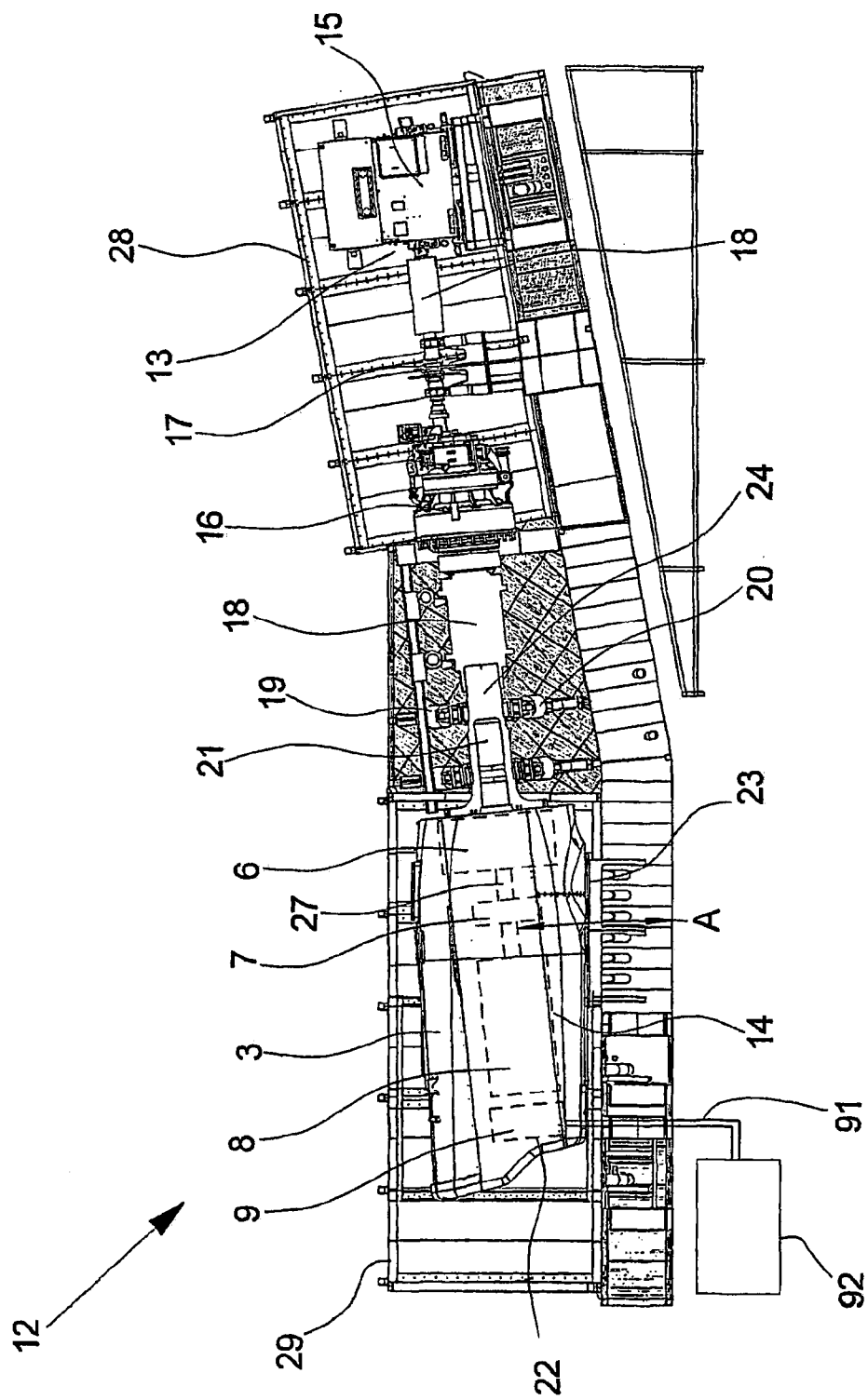


Fig. 3

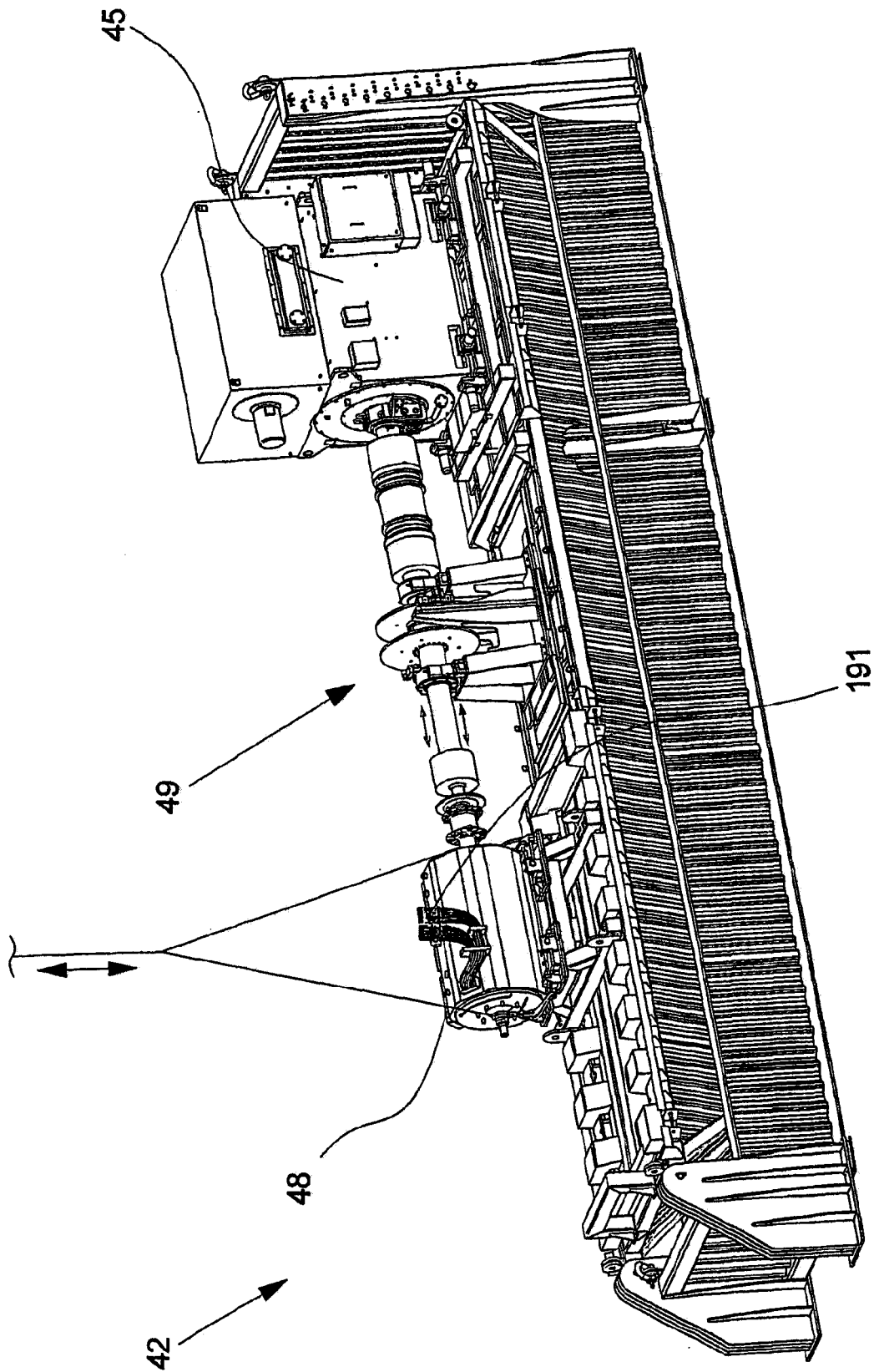


Fig. 4

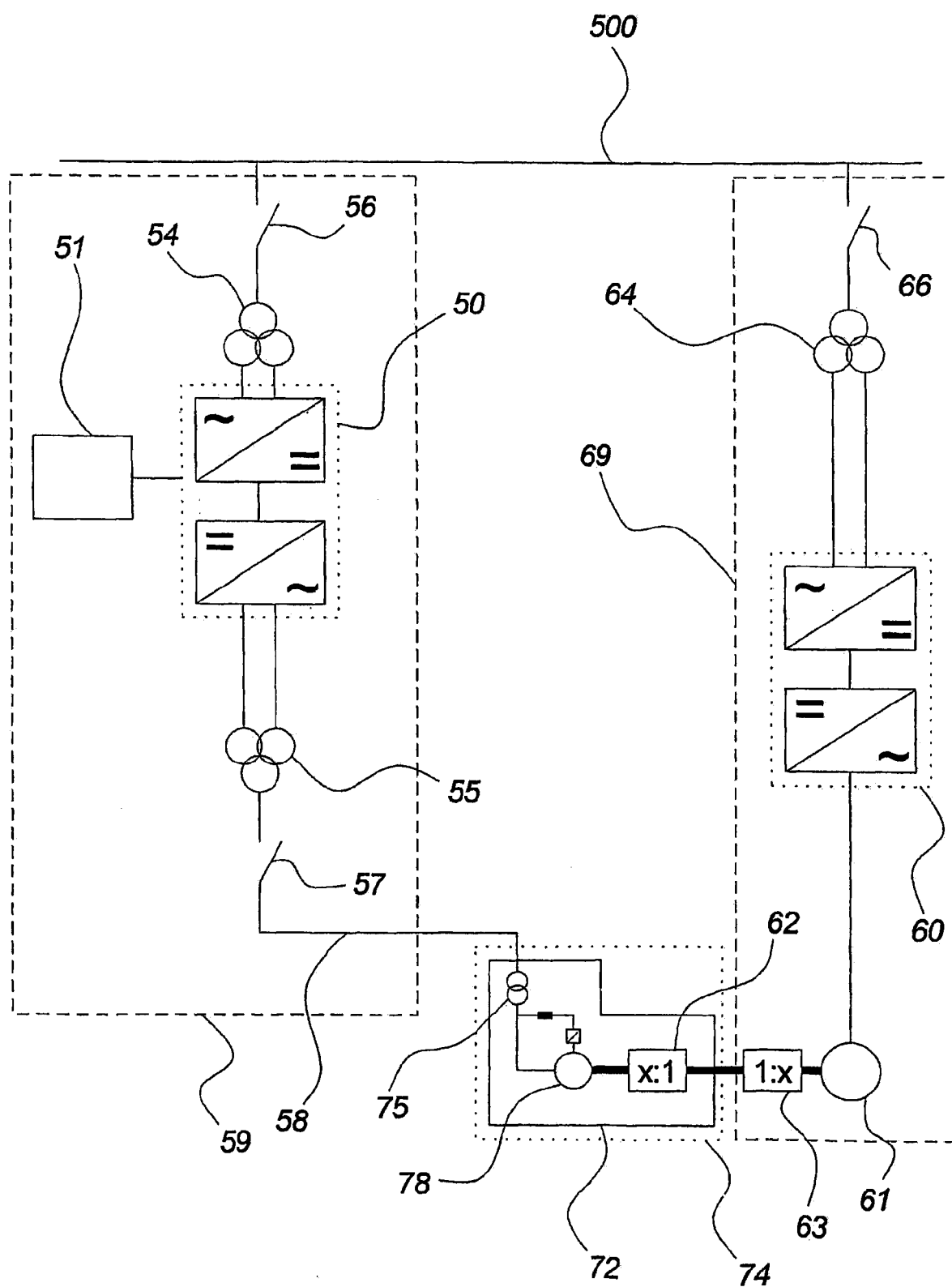


Fig. 5

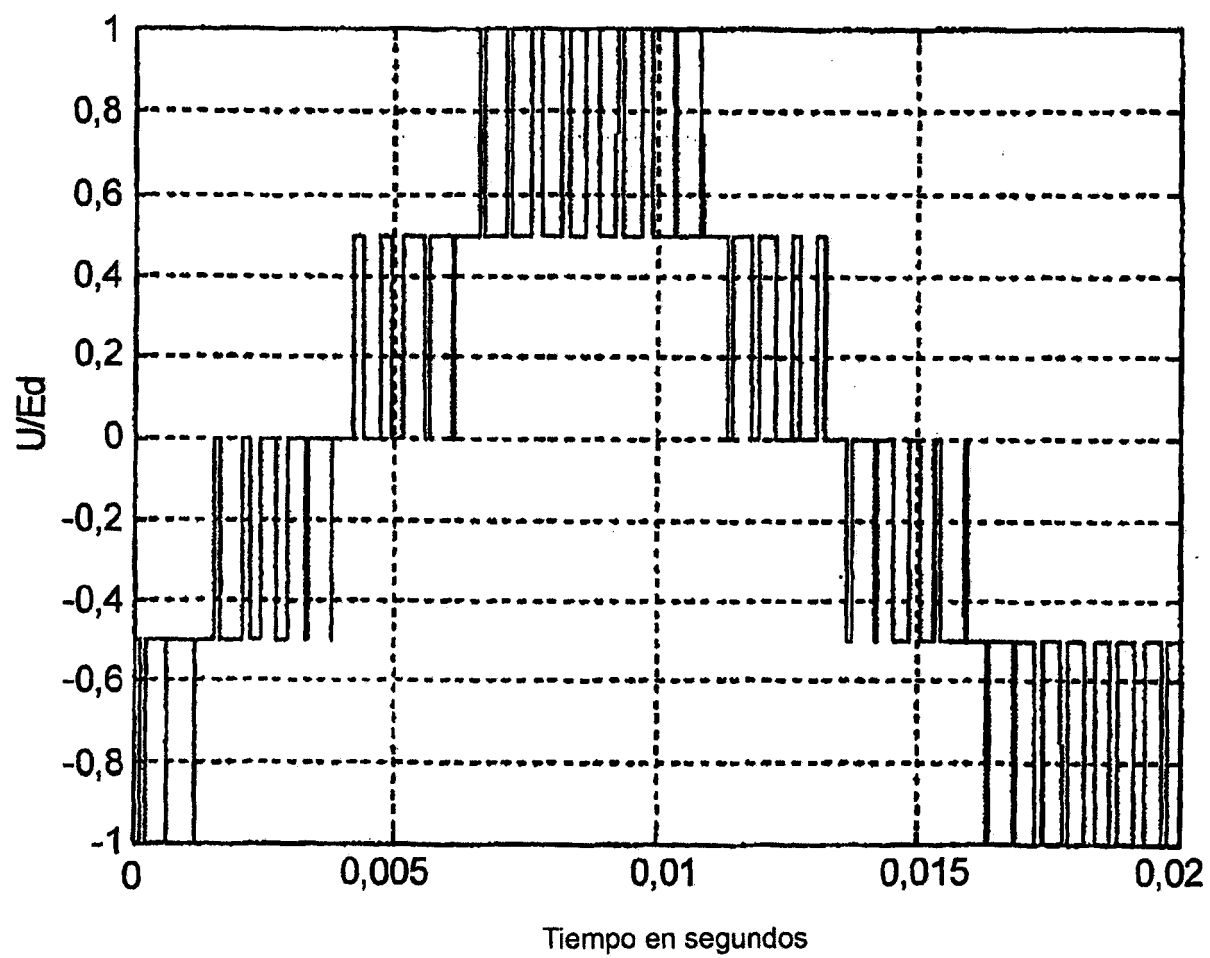


Fig. 6

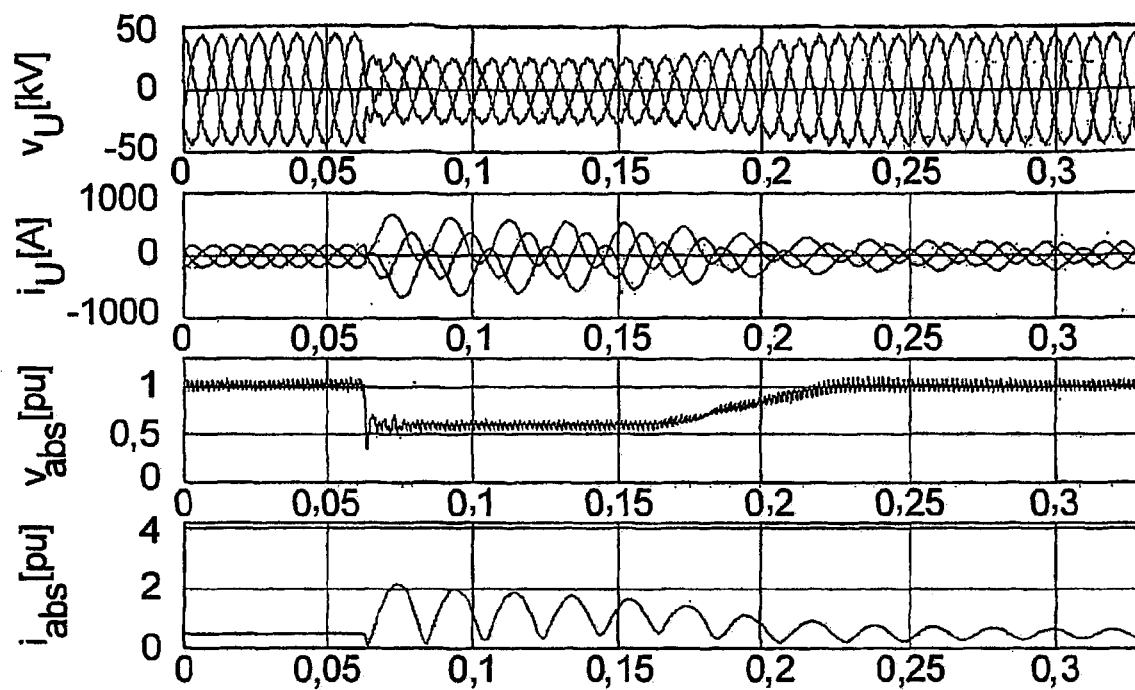


Fig. 7

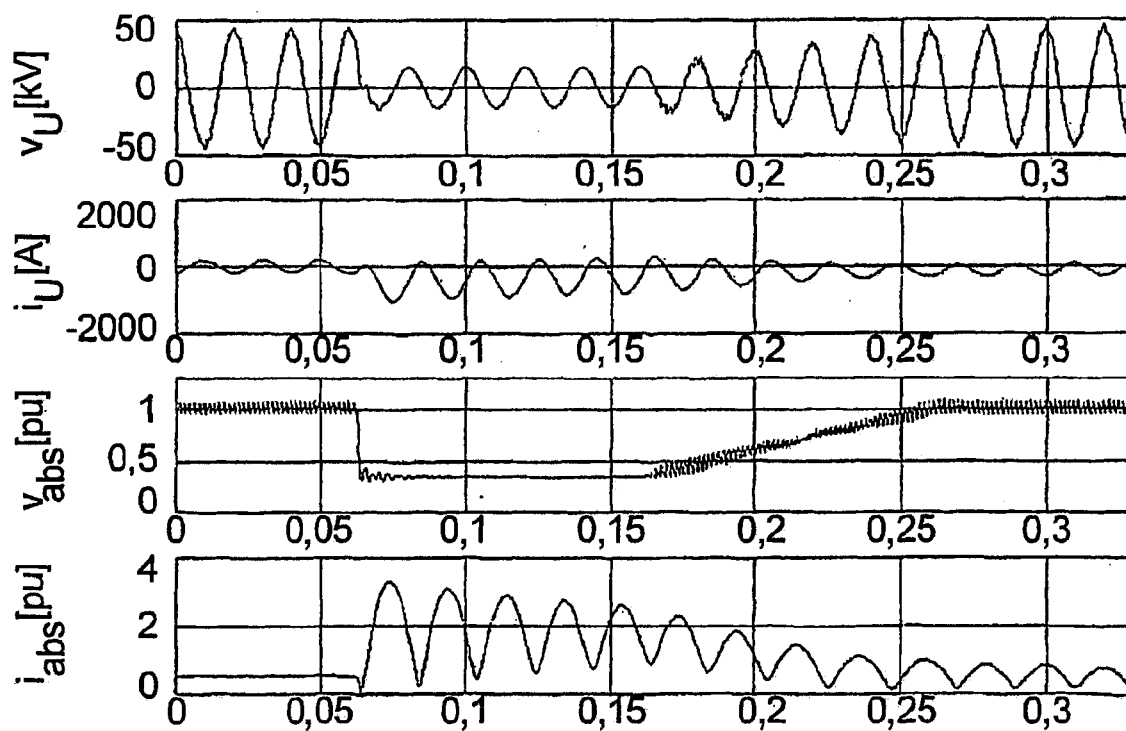


Fig. 8

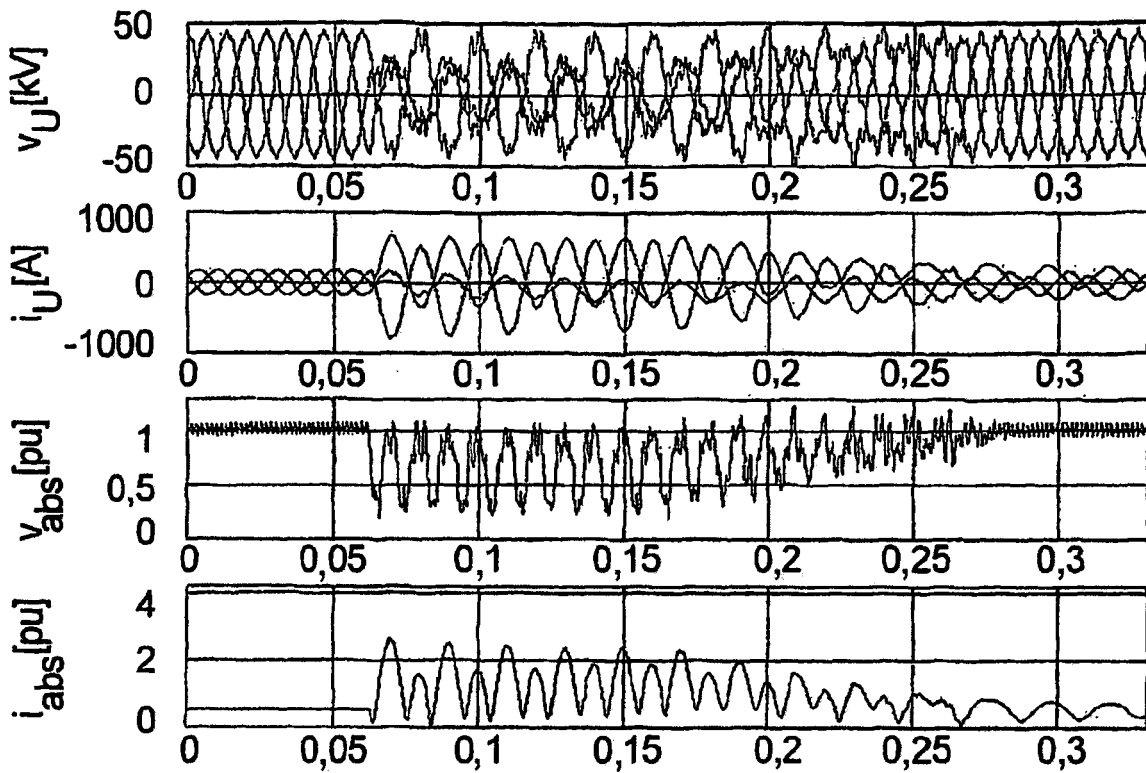


Fig. 9

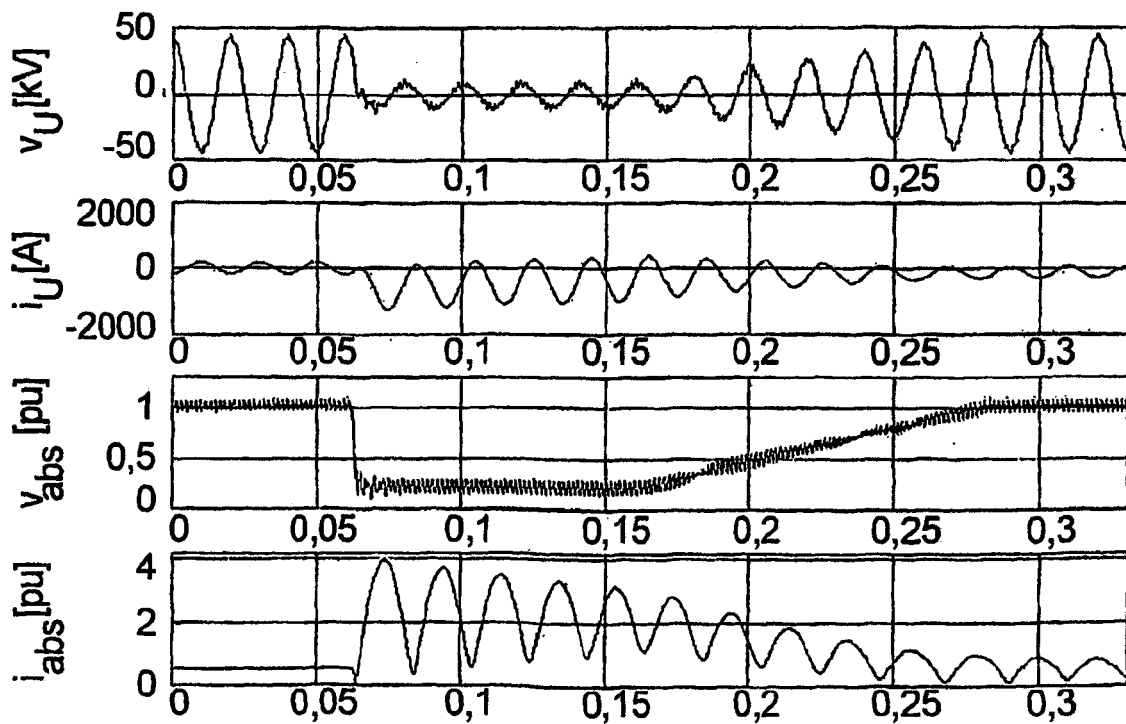


Fig. 10