

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0712841-0 A2**



(22) Data de Depósito: 03/07/2007
(43) Data da Publicação: 31/07/2012
(RPI 2169)

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

(54) Título: SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTE DE PELO MENOS UMA PARTE DOS COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA.

(30) Prioridade Unionista: 03/07/2006 DK PA200600913

(73) Titular(es): Vestas Wind Systems A/S

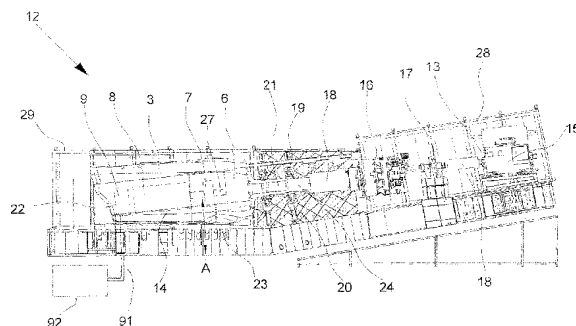
(72) Inventor(es): Jan Bisgaard Jensen

(74) Procurador(es): Walter de Almeida Martins

(86) Pedido Internacional: PCT DK2007000337 de 03/07/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/140789de 13/12/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE PELO MENOS UMA PARTE DOS COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA. Um sistema de realização de testes de turbina eólica é revelado para testar pelo menos uma parte dos componentes de nacela de um sistema de turbina eólica quando montada sobre uma estrutura portadora de carga de uma nacela, o referido sistema de realização de testes de turbina eólica compreendendo uma bancada de teste estando disposta para firmar a referida estrutura portadora de carga que inclui os referidos componentes de nacela, um sistema de simulação da rede de distribuição compreendendo um sistema conversor de energia e um controlador de simulação estando disposto para ser eletricamente acoplado a pelo menos um dos referidos componentes de nacela e estando adaptado para prover uma simulada rede de distribuição pública com base em um suprimento de energia e pelo menos sinal de controle estabelecido pelo referido controlador de simulação, e um sistema de simulação eólica compreendendo um meio de rotação do eixo da turbina eólica disposto para ser acoplado a uma parte giratória do referido sistema gerador ou um sistema relacionado a gerador de uma nacela ou uma parte de uma nacela posicionada na referida bancada de teste.



SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, USO DE
UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, E
MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE PELO MENOS UMA PARTE DOS
COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA
5 QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE
UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO
DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA

Campo da Invenção

A invenção está relacionada a um sistema de
10 realização de testes de turbina eólica para testar pelo
menos uma parte dos componentes de nacela de um sistema de
turbina eólica.

Fundamentos da Invenção

Um desafio geral relacionado com turbinas eólicas é
15 quando as turbinas eólicas estão acopladas a redes públicas
de distribuição fracas. Um acoplamento a uma rede de
distribuição fraca pode sob algumas circunstâncias resultar
na transferência de, por exemplo, de transientes ruídos ou
quedas ou picos de voltagens entre a rede de distribuição
20 pública e uma turbina eólica acoplada à rede de
distribuição.

A realização de testes das partes individuais de um
sistema de turbina eólica quanto à capacidade de se
compatibilizar com as diferenças condições da rede de
25 distribuição antes do sistema de turbina eólica ser

embarcado desde o fabricante - freqüentemente para partes
muitos distantes no mundo - é, portanto, essencial.

É, todavia, não suficiente ter certeza de que as
partes elétricas do sistema de turbina eólica, tal como o
5 gerador e o conversor de freqüência da energia, sejam
capazes de lidar com as condições simuladas da rede de
distribuição correspondentes àquelas que seriam esperadas
durante a operação da turbina eólica quanto elas são
testadas como unidades autônomas. Isso é devido ao fato de
10 que a variação da velocidade de rotação do eixo do trem de
transmissão e as interações mecânicas e elétricas entre as
diferentes partes de uma nacela de turbina eólica possuem
uma importante influência sobre a performance do sistema de
turbina eólica.

15 É um dos diversos objetivos da invenção estabelecer
um sistema o qual seja capaz de simular fisicamente um
acoplamento entre um sistema de turbina eólica e uma rede
de distribuição ou partes de um sistema de turbina eólica e
uma rede de distribuição.

20 Sumário da invenção

A presente invenção está relacionada a um sistema
de realização de testes de turbina eólica para testar pelo
menos uma parte dos componentes de nacela de uma turbina
eólica incluindo um sistema gerador elétrico, os referidos
25 componentes de nacela estando montados sobre uma estrutura
portadora de carga de uma nacela do referido sistema de

turbina eólica, o referido sistema de realização de testes de turbina eólica compreendendo

uma bancada de teste que está disposta para suportar a referida estrutura portadora de carga da referida nacela de turbina eólica incluindo os referidos componentes de nacela,

um sistema de simulação da rede de distribuição compreendendo

um sistema conversor de energia e

um controlador de simulação que está disposto para ser eletricamente acoplado a pelo menos um dos referidos componentes de nacela e está adaptado para proporcionar

uma simulada rede de distribuição pública com base em

um suprimento de energia e

pelo menos um sinal de controle estabelecido pelo referido controlador de simulação, e

um sistema de simulação de vento compreendendo

um meio de rotação do eixo da turbina eólica disposto para ser acoplado a uma parte giratória do referido sistema gerador ou um sistema relacionado ao gerador de uma nacela de turbina eólica ou uma parte de uma nacela de turbina eólica posicionada na referida bancada de teste.

Uma característica vantajosa da invenção é que as características de um sistema de turbina eólica ou pelo

menos parte dele podem ser testadas em um amplo ambiente fisicamente simulado no sentido de que as entrada de dados resultante do vento e a entrada de dados resultantes da rede de distribuição podem ser avaliados em combinação, proporcionando desse modo uma oportunidade única para incorporar o "feedback" enviado e recebido da rede de distribuição em uma situação realística ou uma certa situação de teste desejada.

O sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com as condições previstas da invenção é em particular vantajoso para sistemas de turbinas eólicas, tal como nacela, gerador, conversores de frequência de energia, controle de passo, etc., na medida em que tais sistemas precisam ser otimizados para o propósito de evitar o desacoplamento da rede de distribuição devido aos desvios dos débitos ideais provenientes do sistema de turbina eólica ou da rede de distribuição, tal que tal desacoplamento possa de fato ser evitado ou pelo menos ser realizado por meio de um desacoplamento suave, sem dificuldades.

Embora o sistema de turbina eólica possa compreender uma nacela completa de turbina eólica ou apenas partes dela, um gerador precisa estar compreendido no sistema que está sendo testado a fim de testar a interação entre o sistema de turbina eólica e uma rede de distribuição simulada.

O uso de uma bancada de teste é vantajoso no sentido em que a configuração operacional do teste pode ser padronizada e proporcionar resultados reproduzíveis.

O controlador de simulação do sistema de simulação da rede de distribuição pode ser uma unidade única ou formar parte de uma rede distribuída do controlador de simulação. Em uma modalidade adicional o sistema conversor de energia do sistema de realização de testes de turbina eólica pode ser formado por meio do inversor de potência de uma turbina eólica a ser testada. Em outras palavras, o inversor de potência pode constituir uma parte da configuração operacional do teste externo ou de modo alternativo ser estabelecido pelo próprio inversor de potência da turbina eólica. De acordo com uma modalidade adicional, o sistema conversor de energia do sistema de simulação da rede de distribuição pode ser estabelecido particularmente primitivamente por meio de resistor(s) simples combinado com um disjuntor liga/desliga controlado pelo controlador de simulação, por exemplo, um disjuntor manual.

O propósito do sistema de simulação eólica é o de estabelecer o movimento resultante das partes móveis do sistema de turbina eólica como se o sistema estivesse ativado pelo vento. O sistema de simulação eólica pode estar relacionado a qualquer parâmetro relevante à simulação de vento, tal como velocidade, temperatura e

turbulência do vento, torque resultante do sistema giratório, etc.

Essa simulação de vento pode ser mais ou menos sofisticada, mas é tipicamente importante que a simulação
5 de vento resultante esteja relacionada pelo menos algo com as condições reais.

Os meios de rotação do eixo do sistema de simulação eólica podem, por exemplo, ser adaptados em torque ou velocidade para proporcionar condições típicas resultantes
10 do vento como entrada para a nacela por meio do sistema giratório.

Os meios de rotação do eixo podem tipicamente estarem acoplados mecanicamente a uma parte giratória do sistema gerador ou sistema relacionado ao gerador, tal como
15 um cubo ou uma caixa de engrenagens, a fim de fazer uma parte relacionada ao gerador girar como se o sistema de turbina eólica estivesse ativado por certas condições de vento.

Como para exemplos das implementações das
20 diferentes condições simuladas de redes de distribuição, aqueles usualmente versados na técnica podem ter por referência a descrição detalhada da presente invenção, particularmente a discussão das Figuras 7-12. Outros exemplos de simulações da rede de distribuição e condições
25 de vento são revelados em "Development of a unified design, test, e 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, Aachen, Germany.

Em uma modalidade preferida da presente invenção, a referida bancada de teste está disposta para firmar uma nacela completa do referido sistema de turbina eólica.

Quando usada para testar o sistema antes dele ser enviado, é vantajoso ser capaz de testar uma nacela montada completa. Portanto, preferivelmente uma bancada para testar a nacela em escala completa é provida para testar e simular variações mecânicas, vento, e/ou situações da rede de distribuição, etc. Nesse caso, um ou outro de uma nacela completa ou uma ou mais partes dela montada na estrutura portadora de carga, tal como um gerador, pode ser sustentada ou fixada mecanicamente de modo suficiente a fim de permitir que a energia mecânica seja transferida desde o sistema de simulação de vento até uma parte possível de girar ou parte movediça das partes que estão sendo testadas.

Em ainda uma modalidade preferida da invenção, os referidos meios de rotação do eixo compreendem meios para serem mecanicamente conectados a um eixo de baixa velocidade de um sistema de turbina eólica.

A fim de ser capaz de simular diferentes condições de vento no caso onde uma caixa de engrenagem está incluída nas partes que estão sendo testadas, compreender meios para

serem conectados a um eixo de baixa velocidade, que está conectado à entrada da caixa de engrenagens, é vantajosa.

Em uma outra modalidade preferida da invenção, os referidos meios de rotação do eixo compreendem meios para serem mecanicamente conectados a um eixo de alta velocidade de um sistema de turbina eólica.

A fim de ser capaz de simular as diferentes condições de vento no caso onde uma caixa de engrenagens não está incluída nas partes que estão sendo testadas, compreender meios para serem conectados a um eixo de alta velocidade, que está conectado diretamente ao rotor do gerador, é vantajosa.

Em uma modalidade da invenção, a referida rede de distribuição pública simulada compreende meios para serem eletricamente acoplados a um transformador de saída do gerador dos componentes da referida nacela.

Em alguns sistemas de turbinas eólicas, a interface elétrica entre o gerador e a (simulada) rede de distribuição pública compreende um transformador simples em lugar de ou em combinação com um conversor de frequência da energia. Um tal transformador de saída do gerador é provido para escalonar a tipicamente menor que 1 kV, tal como 690 V, saída proveniente do gerador até uma voltagem superior compatível com um subseqüentemente acoplado conversor ou rede de distribuição, tal como 3 kV ou 30 kV. Portanto, a simulada rede de distribuição pública da presente invenção

preferivelmente compreende meios para fazer interface para um tal transformador de saída do gerador.

Em uma modalidade preferida da invenção, a referida simulada rede de distribuição pública compreende meios para
5 serem eletricamente acoplados a um conversor de frequência da energia dos referidos componentes de nacela.

Alguns tipos de geradores, Geradores de Indução de Dupla-Alimentação (DFIG) e geradores síncronos multi-polos requerem alguma espécie de conversão de frequência a ser
10 incluída no acoplamento elétrico a uma rede de distribuição pública. Tipicamente, essa conversão de frequência é realizada por meio de um conversor da frequência da energia. Portanto, uma simulada rede de distribuição pública da presente invenção compreende preferivelmente
15 meios para fazer interface a um tal conversor da frequência da energia. Deve ser enfatizado que a invenção está relacionada também a tipos de geradores, tais como geradores síncronos multi-polos, onde a totalidade da energia é transferida entre o gerador e a rede de
20 distribuição pública através do conversor de frequência da energia, como a tipos de geradores, tais como DFIG, onde parte da energia é transferida através do conversor de frequência da energia e parte é transferida diretamente entre o estator do gerador e a rede de distribuição
25 pública.

Em uma modalidade preferida da invenção, o referido sistema conversor de energia está disposto para simular diferentes condições da rede de distribuição em resposta aos sinais de controle provenientes do referido controlador
5 de simulação.

Os sinais de controle provenientes do controlador de simulação podem indicar quaisquer condições interessantes e relevantes da rede de distribuição, tais como defeitos, alterações extremas, repentinas ou lentas
10 nas frequências, transientes, etc., permitindo desse modo uma realização de testes consistente e um vantajoso modo de otimizar a performance dos sistema de turbina eólica no local. Tais testes podem também resultar em significativo aprimoramento com respeito ao custo-benefício na medida em
15 que partes do sistema de turbina eólica podem ser testados "in vivo".

Os sinais de controle provenientes do controlador de simulação podem ser designados para qualquer propósito desejado de simulação e os sinais podem, por exemplo, estar
20 relacionados a situações específicas da rede de distribuição conhecidas serem de relevância aos componentes específicos do sistema, permitindo desse modo os pertinentes testes e a otimização dos componentes dedicados, ou o controlador pode, por exemplo, estabelecer
25 simulações da rede e distribuição para o propósito de verificar que o sistema completo de turbina eólica se

desempenhe como esperado, por exemplo, de acordo com os específicos códigos da rede de distribuição.

Em uma modalidade preferida adicional da invenção, as referidas condições da rede de distribuição compreendem
5 condições de defeitos, condições de rede de distribuição fraca e/ou condições assimétricas da rede de distribuição.

Uma rede de distribuição fraca pode, por exemplo, ser entendida como parte da rede de distribuição, que sob certas condições podem ser influenciadas por sistemas
10 acoplados tais como turbinas eólicas.

Desse modo, o termo rede de distribuição fraca pode tipicamente ser usado com respeito a uma rede de distribuição onde seja necessário levar em conta o nível e flutuações de voltagem por existir um certo risco de que os
15 valores possam exceder as exigências padronizadas. Redes de distribuição fracas podem, por exemplo, estar relacionadas a locais mais remotos ou periféricos onde a rede de distribuição está projetada para pequenas cargas. Em conjunto com um sistema de turbina eólica, uma rede de
20 distribuição fraca pode tipicamente ser um sistema onde a quantidade de energia eólica que pode ser absorvida está limitada pela capacidade da rede de distribuição e, além disso, onde a rede de distribuição sob diferentes condições pode transferir ruídos ou alterações indesejadas em nível
25 desde um ponto de enxofre até a rede de distribuição acoplada ao sistema de turbina eólica.

Em ainda uma modalidade preferida da invenção, as referidas condições da rede de distribuição compreendem variações de voltagem tais como quedas de voltagem, reduções de voltagem ou aumentos de voltagem, curtos-
5 circuitos tais como curtos-circuitos entre terra e fases ou curtos-circuitos entre duas ou mais fases, variações do $\cos(\varphi)$ tais como aumento ou redução da potência reativa para e/ou proveniente da rede de distribuição, variações de frequências das fases, variações de corrente tais como
10 reduções ou aumentos, variações das formas de curvas de fases individuais, algumas fases ou de todas as fases e qualquer combinação desses mencionados.

Preferivelmente, o sistema de simulação da rede de distribuição é capaz de substancialmente simular todas as
15 diferentes condições da rede de distribuição incluindo falhas e excessos, os quais o sistema de turbina eólica possa encontrar durante a operação, tal que a performance do sistema de turbina eólica sob tais condições possa ser testado completamente antes do sistema de turbina eólica
20 ser embarcado até o seu local de operação.

Em uma modalidade preferida da invenção as referidas condições da rede de distribuição envolvem a variação no tempo das condições da rede de distribuição.

Preferivelmente, a faixa de condições da rede de
25 distribuição acima mencionada também inclui condições da rede de distribuição que variam ao longo do tempo. As

condições que variam com o tempo ou a emulação da forma de curva específica podem ser combinadas com qualquer das condições acima mencionadas da rede de distribuição.

Em uma modalidade da invenção, o referido fornecimento de energia é provido por uma rede de distribuição pública.

A utilização de uma rede de distribuição pública é um modo de fornecer a energia necessária para o sistema de realização de testes de turbina eólica ou uma parte dela. Evidentemente, qualquer suprimento adequado de energia pode ser aplicado dentro do escopo da invenção contanto que as simulações resultantes correspondam às pretendidas simulações de rede de distribuição e vento.

Em uma modalidade da invenção, o referido sistema conversor de energia compreende um conversor de comutação baseado em semicondutores.

Um modo preferido de implementar um conversor de energia compreende um número adequado de semicondutores comutadores. Os semicondutores podem ser controlados ou configurados em sua estrutura de acordo com as técnicas convencionais de conversores.

Em uma modalidade da invenção, o referido conversor de base semicondutor é um conversor de base tiristor.

Os semicondutores podem, por exemplo, compreender transistores ou tiristores tais como BPT (transistor bipolar), IGBT (transistor bipolar de porta isolada), MCT

(tiristor controlado por metal-óxido-semicondutor), IGCT (tiristor controlado por porta isolada) ou tiristor GTO (voltagem de desligamento de porta). Um semicondutor atualmente preferido é um tiristor GTO.

5 Evidentemente, o sistema de simulação da rede de distribuição pode estar baseado em qualquer componente comutador que seja capaz de estabelecer as desejadas condições da rede de distribuição.

Em uma modalidade da invenção, o referido sistema
10 de simulação da rede de distribuição adicionalmente compreende um transformador de entrada da rede de distribuição acoplado entre o referido suprimento de energia e o referido sistema conversor de energia.

De modo vantajoso, um transformador é provido para
15 o estabelecimento da compatibilidade entre o suprimento de energia, que pode ser, por exemplo, uma rede de distribuição pública a 30 kV, e o conversor de energia do sistema de simulação da rede de distribuição operando a, por exemplo, 3 kV.

20 Em uma modalidade da invenção, o referido sistema de simulação da rede de distribuição adicionalmente compreende um transformador de saída da rede de distribuição acoplado entre o referido sistema conversor de energia e a referida rede de distribuição pública simulada.

25 Em uma modalidade onde o sistema de simulação da rede de distribuição proporciona uma simulada rede de

distribuição pública a, por exemplo, 30 kV, a saída do conversor de energia precisa ser escalonada desde o típico nível operacional dos conversores de energia em torno de 2 ou 3 kV.

5 Em uma modalidade da invenção, o referido sistema de realização de testes de turbina eólica adicionalmente compreende um sistema de simulação do estresse na nacela, um sistema de simulação da temperatura do sistema de turbina eólica, e/ou um sistema de simulação da umidade do
10 sistema de turbina eólica.

De modo vantajoso, diferentes outras condições físicas podem ser estabelecidas a fim de proporcionar uma simulação física ainda mais abrangente e mais próxima da realidade.

15 Em um outro aspecto da invenção, ela está relacionada ao uso de um sistema de realização de testes de turbina eólica como descrito acima para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um sistema de turbina eólica sob condições de vento
20 fisicamente simuladas numa rede de distribuição.

O estabelecimento e a avaliação do "feedback" recebido do sistema de turbina eólica permite àqueles usualmente versados na técnica realizar o teste para avaliar se o sistema de turbina eólica satisfaz um dado
25 conjunto de requisitos especificados sob diferentes condições de vento.

Em uma modalidade preferida da invenção, um sistema de realização de testes de turbina eólica como descrito acima é usado para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado sistema de
5 turbina eólica sob condições de vento fisicamente simuladas na rede de distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica por parte do fabricante, em que as referidas simuladas condições de vento correspondem às condições e vento conhecidas estarem presentes no local
10 específico de operação do referido dado sistema de turbina eólica.

A fim de melhorar as simulações, as simuladas condições de vento pelo sistema de simulação eólica podem estar correlacionadas com as condições sabidas estarem
15 presentes em locais específicos com respeito a, por exemplo, repentina alteração da velocidade do vento, rajadas de vento, flutuação na direção do vento, turbulência, efeitos trilha, etc. Particularmente, as simuladas condições de vento podem estar correlacionadas ao
20 local da operação do específico sistema de turbina eólica que está sendo testado se tal local é conhecido no momento da realização de testes.

Em ainda uma modalidade preferida da invenção, um sistema de realização de testes de turbina eólica como
25 descrito acima é usado para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado

sistema de turbina eólica sob condições climáticas fisicamente simuladas numa rede de distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica por parte do fabricante, em que as referidas condições climática
5 simuladas incluem condições de vento, condições de temperatura e/ou de umidade correspondentes às condições climáticas sabidas estarem presentes no local específico de operação do dado sistema de turbina eólica.

As simulações podem ser melhoradas ainda mais, se
10 não apenas as simuladas condições de vento mas também outras condições climáticas simuladas estiverem correlacionadas com as condições sabidas estarem presentes em locais específicos com respeito a, por exemplo, temperatura e umidade, etc. Particularmente, as simuladas
15 condições climáticas podem ser correlacionadas ao local de operação do específico sistema de turbina eólica que está sendo testado se tal local for conhecido no momento da realização de testes.

Em uma modalidade vantajosa da invenção, um sistema
20 de realização de testes de turbina eólica como descrito acima é usado para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica sob diferentes condições da rede de distribuição.

25 O estabelecimento e a avaliação do "feedback" recebido do sistema de turbina eólica permite àqueles

usualmente versados na técnica realizar o teste para avaliar se o sistema de turbina eólica satisfaz um dado conjunto de requisitos especificados sob diferentes condições da rede de distribuição.

5 Em uma modalidade também vantajosa da invenção, um sistema de realização de testes de turbina eólica como descrito acima é usado para estabelecer e avaliar a compatibilidade de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica a um conjunto de códigos da rede de
10 distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica por parte do fabricante, em que o referido conjunto de códigos da rede de distribuição corresponde aos códigos da rede de distribuição que se aplicam no local específico de operação do referido dado sistema de turbina
15 eólica.

Dependendo do local de operação de um dado sistema de turbina eólica, é normalmente exigido obedecer a um conjunto de códigos da rede de distribuição que representa um número de exigências com respeito à resposta e a reação
20 a certas condições especificadas da rede de distribuição de um sistema de turbina eólica acoplada a uma rede de distribuição pública.

Um sistema de turbina eólica pode ser analisado, testado ou verificado de acordo com diferentes códigos da
25 rede de distribuição em uma situação simulada "in vivo", preferivelmente com respeito a ambas as condições de vento

e da rede de distribuição. O controlador de simulação pode simular qualquer código relevante da rede de distribuição em um ambiente pertinente para uma análise específica. Nesse modo, um sistema de turbina eólica ou uma parte de um sistema de turbina eólica pode ser testado a fim de verificar que a turbina eólica reage em obediência aos específicos códigos da rede de distribuição. Particularmente, a compatibilidade de um sistema de turbina eólica a um conjunto de códigos da rede de distribuição que se aplicam ao local de operação do específico sistema de turbina eólica pode ser testado se tal local for conhecido no momento da realização de testes.

Em ainda a modalidade vantajosa adicional da invenção, um sistema de realização de testes de turbina eólica como descrito acima é usado para estabelecer e avaliar a compatibilidade de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica a um conjunto de códigos da rede de distribuição que compreende exigências da resposta de um sistema de turbina eólica às diferentes condições da rede de distribuição que incluem variações de voltagem tais como quedas de voltagem, reduções de voltagem ou aumentos de voltagem, curtos-circuitos tais como curtos-circuitos entre terra e fases ou curtos-circuitos entre duas ou mais fases, variações do $\cos(\varphi)$ tais como aumento ou redução da potência reativa para e/ou proveniente da rede de distribuição, variações de frequências das fases, variações

de corrente tais como reduções ou aumentos, variações das formas de curvas de fases individuais, algumas fases ou de todas as fases e qualquer combinação desses mencionados.

Preferivelmente, o conjunto de códigos da rede de
5 distribuição com respeito ao qual uma a compatibilidade de um sistema de turbina eólica é testado deve incluir substancialmente a totalidade dos códigos diferentes da rede de distribuição, que o sistema de turbina eólica necessita satisfazer durante a operação, tais códigos da
10 rede de distribuição abrangendo condições da rede de distribuição que incluem falhas e excessos, tal que a compatibilidade do sistema de turbina eólica a todos os pertinentes códigos da rede de distribuição possam ser testados completamente antes do sistema de turbina eólica
15 ser embarcado para o seu local de operação.

Em ainda um aspecto adicional da invenção, ela está relacionada a um método de realização de testes de pelo menos uma parte dos componentes de nacela de um sistema de turbina eólica quando montados sobre uma estrutura
20 portadora de carga de uma nacela do referido sistema de turbina eólica por meio de um sistema de realização de testes de turbina eólica compreendendo as etapas de:

montar os referidos componentes de nacela por sobre uma estrutura portadora de carga de uma nacela de turbina
25 eólica,

colocar a referida estrutura portadora de carga em uma bancada de teste do referido sistema de realização de testes de turbina eólica,

5 acoplar um meio de rotação do eixo de um sistema de simulação eólica do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a uma parte giratória de um sistema gerador ou um sistema relacionado a gerador da referida nacela de turbina eólica,

10 acoplar eletricamente uma simulada rede de distribuição pública de um sistema de simulação da rede de distribuição do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a um componente elétrico da nacela,

girar a referida parte giratória de um sistema gerador por meio do referido sistema de simulação eólica
15 simulando diferentes condições de vento,

expor o referido componente nacela às diferentes condições simuladas da rede de distribuição por meio do referido sistema de simulação da rede de distribuição, e

estabelecer e avaliar o "feedback" recebido dos
20 referidos componentes de nacela sob as diferentes simultaneamente simuladas condições de vento e da rede de distribuição.

A realização das etapas do método acima mencionado permite àqueles usualmente versados na técnica realizar o
25 teste para avaliar em um modo confiável e reproduzível se o sistema de turbina eólica satisfaz um dado conjunto de

exigências especificadas sob diferentes condições de vento e da rede de distribuição.

Em uma modalidade preferida da invenção, ela está relacionada a um método de realização de testes de pelo menos uma parte dos componentes de nacela de um sistema de turbina eólica quando montados sobre uma estrutura portadora de carga de uma nacela do referido sistema de turbina eólica por meio de um sistema de realização de testes de turbina eólica que compreende as etapas de:

10 montar os referidos componentes de nacela in a nacela de turbina eólica,

colocar a referida nacela de turbina eólica em uma bancada de teste do referido sistema de realização de testes de turbina eólica,

15 acoplar um meio de rotação do eixo de um sistema de simulação eólica do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a uma parte giratória de um sistema gerador ou um sistema relacionado a gerador da referida nacela de turbina eólica,

20 acoplar eletricamente uma simulada rede de distribuição pública de um sistema de simulação da rede de distribuição do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a um componente elétrico da nacela,

girar a referida parte giratória de um sistema gerador por meio do referido sistema de simulação eólica simulando diferentes condições de vento,

25

expor o referido componente nacela às diferentes condições simuladas da rede de distribuição por meio do referido sistema de simulação da rede de distribuição, e

estabelecer e avaliar o "feedback" recebido dos referidos componentes de nacela sob as diferentes simultaneamente simuladas condições de vento e da rede de distribuição.

De modo vantajoso, uma nacela montada completa pode ser colocada na bancada de teste e a totalidade dos componentes da nacela podem ser testados simultaneamente mediante seguir as etapas do método mencionado acima.

Em ainda uma modalidade preferida da invenção, ela está relacionada a um método de realização de testes como descrito acima, em que referido sistema de realização de testes de turbina eólica compreende um sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com a presente invenção.

É vantajoso usar um sistema de realização de testes de turbina eólica como descrito acima para o teste como descrito no método acima mencionado, porque o sistema de realização de testes de turbina eólica está projetado exatamente para esse propósito.

Em uma modalidade adicional preferida da invenção, ela está relacionada a um método de realização de testes como descrito acima, em que a referida condições simuladas

da rede de distribuição incluem condições de falha de uma rede de distribuição pública.

A fim de tornar o teste realizado de acordo com o método acima mencionado o mais completo possível, ele
5 deverá incluir substancialmente a totalidade das condições da rede de distribuição que um sistema de turbina eólica possa esperar encontrar e satisfazer durante a operação.

Desenhos

Algumas modalidades da invenção serão agora
10 descritas com referência às Figuras, onde

A Figura 1 ilustra uma grande moderna turbina eólica conhecida na arte como vista a partir da sua parte frontal,

A Figura 2 ilustra uma seção transversal de uma
15 modalidade de uma nacela simplificada conhecida na arte como vista de sua parte lateral,

A Figura 3 ilustra uma bancada de teste para uma nacela de acordo com uma modalidade da invenção,

A Figura 4 ilustra uma bancada de teste para um
20 gerador de acordo com uma modalidade da invenção,

A Figura 5 ilustra uma esquematicamente representada configuração operacional de teste do sistema de simulação de rede de distribuição,

A Figura 6 ilustra uma emissão inicial de um
25 conversor de energia aplicado de acordo com uma modalidade da invenção,

A Figura 7 ilustra uma simulação de rede de distribuição de uma queda de voltagem de até 60% da voltagem nominal em todas as fases,

A Figura 8 ilustra uma simulação de rede de distribuição de um curto-circuito trifásico e uma queda de voltagem para cerca de 35% da voltagem nominal,

A Figura 9 ilustra uma simulação de rede de distribuição de um defeito bifásico com nível de voltagem a 100%, 0° / 50%, 180° / 50%, 180° , e

A Figura 10 ilustra uma simulação de rede de distribuição de uma queda de voltagem de até cerca de 20% da voltagem nominal.

Descrição Detalhada

A Figura 1 ilustra uma moderna turbina eólica 1 compreendendo uma torre 2 colocada numa fundação e uma nacela de turbina eólica 3 posicionada no topo da torre 2. O rotor 4 da turbina eólica, compreendendo três lâminas 5 da turbina eólica, está conectado à nacela 3 através do eixo de baixa velocidade que se estende para fora da parte frontal da nacela 3.

A Figura 2 ilustra uma seção transversal simplificada de uma nacela 3 como visto de sua lateral. As nacelas 3 existem em inúmeras variedades e configurações mas na maioria dos casos o trem de transmissão 14 na nacela 3 compreende um ou mais dos seguintes componentes: uma engrenagem 6, um acoplamento (não mostrado), algum tipo de

sistema de frenagem 7 e um gerador 8. Uma nacela 3 de uma moderna turbina eólica 1 pode também incluir um conversor de frequência da energia 9 (também chamado um inversor) e equipamentos periféricos adicionais tais como adicionais
5 equipamentos de manejo de energia, gabinetes de controle, sistemas hidráulicos, sistemas de resfriamento, e mais.

O peso da nacela 3 completa incluindo os componentes de nacela 6, 7, 8, 9 é portado pela estrutura portadora de carga 10. Os componentes 6, 7, 8, 9 estão
10 usualmente colocados sobre e/ou conectados a essa estrutura comum portadora de carga 10. Nessa modalidade simplificada, a estrutura portadora de carga 10 apenas se estende ao longo da parte inferior da nacela 3, por exemplo, na forma de uma estrutura de berço à qual parte ou a totalidade dos
15 componentes 6, 7, 8, 9 estão conectados. Em uma outra modalidade, a estrutura portadora de carga 10 pode compreender uma campânula de engrenagem 11 que transfere a carga do rotor 4 para a torre 2, ou a estrutura portadora de carga 10 pode compreender diversas partes
20 interconectadas tal como um reticulado.

Nessa modalidade da invenção, o trem de transmissão 14 está estabelecido em um ângulo normal de operação NA de 8° em relação a um plano perpendicular ao eixo central ao longo da extensão da torre 2.

25 A Figura 3 ilustra uma seção transversal parcial de uma bancada de teste 12 que forma uma parte de um sistema

de realização de testes de turbina eólica que testa uma nacela de turbina eólica 3 como visto lateralmente. Evidentemente, a ilustrada bancada de teste 12 forma apenas uma das diversas diferentes configurações possíveis de uma tal configuração operacional de testes inseridas no escopo da invenção.

Nessa modalidade da invenção, a bancada de teste 12 compreende meios de acionamento 13 na forma de um motor elétrico 15 e uma engrenagem 16 entre as quais um sistema de frenagem 17 e um acoplamento flexível 18 estão posicionados.

O eixo de saída da engrenagem da bancada de teste 16 está conectado a um acoplamento flexível 18 de uma bancada de teste 12, o qual se conecta aos meios de aplicação de carga de uma bancada de teste 12 na forma de meios de cargas radiais 20, que será descrito mais completamente na descrição da Figura 4.

Os meios de cargas radiais 20 compreendendo um adaptador de eixo 24 estão conectados a um eixo de entrada 21 de uma nacela 3, que nesse caso é o eixo de entrada 21 de uma engrenagem de turbina eólica 6, que por meio de um sistema de frenagem 7 e acoplamento (não mostrado) está conectado a um gerador 8 no interior da nacela 3. Nessa modalidade, a nacela 3 adicionalmente compreende um conversor de frequência da energia 9. O conversor de frequência da energia compreende uma interface elétrica 91

a um sistema de simulação da rede de distribuição 92. Basicamente, a nacela da turbina eólica 3 pode estar interfaceada a uma rede de distribuição por meio de qualquer adequado sistema de transferência de energia que
5 compreende os componentes relevantes para a aplicação específica. Tais componentes podem, por exemplo, compreender uma combinação de um ou mais transformador(s), conversor(s) de frequência, retificador(s), armazenador(s) temporário(s) de energia, cabos de energia, etc.

10 Nessa modalidade, o equipamento turbina eólica - na forma dos componentes do trem de transmissão 6, 7, 8 conectados entre si por meio do eixo de saída de alta velocidade da caixa de engrenagem 6 na nacela 3 - está posicionado em um ângulo A de 6° em relação a um plano
15 horizontal, em que o flange de conexão 23 da nacela 3 está rigidamente conectado a um flange de conexão substancialmente horizontal de uma bancada de teste 12. Uma vez que a nacela 3 na realidade estaria conectada a um flange de conexão substancialmente horizontal no topo de
20 uma torre de turbina eólica 2, esse ângulo A corresponde ao ângulo NA desses específicos componentes do trem de transmissão quando posicionados numa operação usual da turbina eólica 1.

Em uma outra modalidade da invenção, o flange de
25 conexão de uma bancada de teste 12 pode estar disposto em ângulo em relação a um plano horizontal, ou a bancada de

teste 12 inteira pode estar disposta em ângulo ou compreender meios para controlar o ângulo de uma bancada de teste 12 e/ou do equipamento testado 22.

Em uma outra modalidade da invenção, o flange de conexão de uma bancada de teste 12 pode também compreender meio 19 para prover carga ao equipamento a fim de aumentar a eficiência e/ou realismo do teste. Tal meio de aplicação de carga 19 pode, por exemplo, aplicar cargas a um mecanismo de guinada (não mostrado) de uma turbina eólica 1, a estrutura portadora de carga 10 de uma nacela 3 ou ao eixo de entrada 21, ou ele pode aplicar cargas ao equipamento testado 22 em qualquer outro modo.

Nessa modalidade da invenção, os meios de cargas radiais 20 são pelo menos em princípio os únicos meios de aplicação de carga 19 de uma bancada de teste 12 que aplicam carga direta ao eixo de entrada 21 do equipamento testado 22. Em uma outra modalidade, todavia, a bancada de teste 12 pode também compreender meios de aplicação de carga 19 par aplicar carga ao eixo de entrada 21 do equipamento 22 ou qualquer outra parte do equipamento 22 em qualquer direção factível tal como axial, diagonal ou a partir de direções variadas.

Em uma modalidade preferida da invenção, o gerador 8 na nacela 3 está conectado ao sistema de simulação da rede de distribuição 92 que permite ao gerador 8 atuar indiretamente como um meio de aplicação de carga 19 de uma

bancada de teste 12 durante o teste, no qual é possível simular diferentes situações da rede de distribuição tal como situações extremas de sobrecargas, situações de defeitos, curtos-circuitos, amplitude e ângulo assimétricos de fase ou outras situações sejam elas independentes ou cooperativas da rede de distribuição. As diferentes situações da rede de distribuição irão, desse modo, aplicar indiretamente diferentes situações de cargas no equipamento testado 22 através do gerador 8.

Em uma outra modalidade, o gerador 8 pode simplesmente estar conectado a uma rede de distribuição pública do mesmo modo como ele estaria numa turbina eólica operacional 1.

Nessa modalidade da invenção, a bancada de teste 12 compreende meio de redução de ruídos 28 na forma de uma caixa de absorção de som 28 que abriga substancialmente os meios de acionamento 13 de uma bancada de teste 12, desse modo permitindo que os ruídos produzidos por particularmente os meios de acionamento 13 sejam absorvidos pela caixa 28, reduzindo desse modo a emissão de ruído proveniente da bancada de teste 12.

Em uma outra modalidade, a inteira bancada de teste 12 pode estar inclusa numa caixa de absorção de som 28 ou as partes individuais de uma bancada de teste 12 que produzam ruídos podem estar individualmente equipadas com meios de redução de ruídos 28. Nessa modalidade, os meios

de redução de ruídos 28 são passivos, mas em uma outra modalidade, os meios 28 podem ser ativos, por exemplo, mediante prover ruído em anti-fase ou em outros modos.

Nessa modalidade da invenção, a bancada de teste 12
5 adicionalmente compreende meios de controle de clima 29 na forma de uma caixa climática 29 que substancialmente abriga o equipamento turbina eólica 22 ou pelo menos uma parte do equipamento 22 a ser testado na bancada de teste 12.

Nessa modalidade, a caixa climática 29 permite que
10 a temperatura dentro da caixa 29 possa ser ajustada e controlada livremente entre -45° C e 55° C quando o equipamento testado 22 está inativo e não operante, e entre -40° C e 90° C durante a operação do equipamento testado 22. essas faixas de temperatura são suficientes na presente
15 modalidade da invenção para proporcionar um ambiente eficiente e/ou realístico para o equipamento testado 22, mas em uma outra modalidade, a bancada de teste 12 pode compreender meios para controlar a temperatura ambiente do equipamento 22 dentro de diferentes faixas, e os meios de
20 controle de clima 29 podem adicionalmente compreender meios para controlar outros parâmetros climáticos tais como a umidade e/ou a pressão do ar.

A Figura ilustra uma variante de um sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com uma
25 modalidade adicional da invenção. Nessa modalidade, o sistema de realização de testes de turbina eólica está

acoplado a apenas uma parte de um sistema de turbina eólica, ou seja um gerador da turbina eólica 48 como visto em perspectiva.

5 Nessa modalidade, uma bancada de teste 42 está numa posição substancialmente horizontal quando o gerador da turbina eólica 48 é levantado por sobre e rigidamente conectado à bancada 42.

Um sistema de simulação eólica 45 compreendendo um motor elétrico é acionado para estabelecer as desejadas condições físicas. O sistema de simulação eólica 45 transfere rotação para o gerador 48 por meio de um acoplamento mecânico 49, e a bancada de teste completa 42 pode ser inclinada para simular fisicamente condições adicionalmente desejadas.

15 O sistema de realização de testes de turbina eólica adicionalmente compreende uma interface elétrica 191 para um sistema de simulação da rede de distribuição (não mostrado) que permite o acoplamento do gerador a uma simulada rede de distribuição.

20 A Figura 5 ilustra um esquematicamente representado diagrama elétrico de um sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com uma das diversas modalidades inseridas no escopo da invenção.

A modalidade ilustrada compreende um sistema de simulação da rede de distribuição 59 e um sistema de simulação eólica 69 mutuamente acoplados por meio de um

sistema de turbina eólica 74. Nessa presente modalidade, o sistema de turbina eólica compreende uma nacela 72 ou partes da nacela.

O sistema de simulação da rede de distribuição 59 e o sistema de simulação eólica 69 estão ambos acoplados a um suprimento de energia, tal como a rede de distribuição pública 500. Evidentemente, os sistemas de simulação podem ser fornecidos a partir de dois diferentes fornecedores de energia.

O sistema de simulação da rede de distribuição 59 compreende um conversor de energia 50 controlado por um controlador de simulação 51. O controlador de simulação 51 controla o conversor de energia 50 para estabelecer a pretendida simulação da rede de distribuição na saída do sistema de simulação da rede de distribuição 59. O conversor de energia 50 está acoplado à rede de distribuição pública 500 por meio de um transformador 54 e um disjuntor 56, ele está além disso acoplado ao sistema de turbina eólica 74 por meio de um transformador 55, um disjuntor 57 e uma interface elétrica 58.

O conversor de energia 50 ilustrado pode, por exemplo, compreender um meio inversor de voltagem ALSPA VDM 7000, os disjuntores ilustrados 56, 57 podem, por exemplo, compreender disjuntores de 30 kV/50 Hz, o transformador 54 pode, por exemplo, compreender um transformador trifásico de 13MVA 30 kV/3,1 kV, e o transformador 55 pode, por

exemplo, compreender um transformador trifásico de 13MVA 3,1 kV/30 kV.

O sistema de turbina eólica 74 ilustrado compreende uma nacela 72 que compreende uma transmissão mecânica 62, tal como uma caixa de engrenagem, conectada a um gerador 78 da nacela 72. O gerador pode, por exemplo, ser eletricamente acoplado à interface elétrica 58 por meio de um transformador de saída do gerador 75 tal como um transformador simples ou um conversor de frequência da energia dependendo do tipo de sistema de turbina eólica 74 testado. O acoplamento precisa ser compatível com a efetiva saída do sistema de simulação da rede de distribuição 59, aqui a saída do transformador 55. Na modalidade da Figura 5, o transformador de saída do gerador 75 é mostrado como um transformador simples, enquanto que nas modalidades das Figuras 2 e 3 são apresentados um conversor de frequência da energia 9.

Desse modo, o sistema de simulação da rede de distribuição 59 pode ser estabelecido para proporcionar uma saída simulada da rede de distribuição que pode ser alimentada diretamente a um sistema de turbina eólica 74 compreendendo um conversor de energia 9 ou, por exemplo, a um sistema de turbina eólica 74 que compreende apenas um transformador de saída do gerador 75 como ilustrado na presente modalidade. O transformador de saída do gerador 75

ilustrado transforma a saída do gerador 78 da nacela 72 de, por exemplo, cerca de 690 V para 30 kV.

O sistema de simulação eólica 69 é basicamente estabelecido para prover uma situação na entrada mecânica 72 da nacela correspondente a certas condições de vento. O sistema de simulação eólica 69 compreende um conversor de frequência 60 conectado a um motor 61 e desse modo controlando o mesmo. O motor 61 está mecanicamente acoplado e possível de girar à nacela 72 por meio de uma engrenagem 63 que proporciona uma baixa rotação de alto torque.

O conversor de frequência 60 está aqui acoplado à rede de distribuição pública 500 por meio de um transformador 64 e um disjuntor 66. O transformador 64 pode, por exemplo, compreender um transformador de 13MVA 30 kV/3,1 kV.

O conversor de frequência 60 ilustrado pode, por exemplo, compreender um meio inversor de voltagem ALSPA VDM 7000.

Por referência às Figuras 3 e 4, o sistema de simulação da rede de distribuição 59 e o sistema de simulação eólica 69 do sistema de realização de testes de turbina eólica podem ser preferivelmente partes das bancadas de testes 12, 42 mostradas nas Figuras 3 e 4, onde as partes principais compreendem o motor 61, que pode corresponder ao motor 15 da Figura 3 ou o motor 45 da Figura 4, e a engrenagem 63, que pode corresponder a

engrenagem 16 da Figura 3. Na bancada de teste em escala pequena apresentada na Figura 3, onde, por exemplo, um gerador 8 é testado separadamente do restante dos componentes de nacela, não é requerida a engrenagem 6, 5 contanto que o motor e a engrenagem sejam compatíveis. Também, em uma modalidade, o sistema de simulação da rede de distribuição 59 e interface elétrica 58 podem corresponder ao sistema de simulação da rede de distribuição 92 e a interface elétrica 91 da Figura 3.

10 A modalidade ilustrada facilita a realização de testes da nacela 72 em uma abrangente simulação física simultânea que cobre ambos uma simulação da rede de distribuição e o vento. Evidentemente, parâmetros adicionais podem ser incluídos na configuração operacional 15 dos testes, tal como temperatura, umidade, estresses mecânicos, inclinação, etc., de um componente individual de um sistema de turbina eólica ou a totalidade ou a maioria deles em combinação.

O controle da ilustrada configuração operacional do 20 teste pode ser estabelecido em diversos modos diferentes acerca do propósito da simulação, e os resultados do teste podem ser medidos com diferentes métodos de teste em diferentes pontos de medição do sistema de realização de testes de turbina eólica.

25 Deverá ser notado que o ilustrado sistema de simulação da rede de distribuição pode também ser

compreendido de sistemas de contato mais simples ou primitivos com ou sem circuitos elétricos de transformação associados, tais como arranjos de disjuntores e/ou resistores ou outras cargas, por exemplo, para o
5 estabelecimento de um circuito divisor de voltagem para simular quedas de voltagens. Tais sistemas de simulação podem ser tipicamente adequados para testar condições de rede de distribuição muito específicas, tipicamente apenas umas poucas.

10 O(s) conversor(s) de energia podem ser conversores auto-comutados bem como conversores externamente controlados. Numa modalidade preferida da invenção, o circuito conversor é um circuito conversor tiristor, que converte a energia de AC para DC e novamente para AC,
15 produzindo uma possibilidade vantajosa de controlar uma pluralidade de parâmetros. Em uma outra modalidade da invenção, o sistema conversor pode também ser um conversor AC direto o outros tipos de conversores ou unidades com a funcionalidade de um conversor conhecido por aqueles
20 usualmente versados na técnica. Os conversores podem ser adicionalmente temporizados manualmente, auto-temporizados, temporizados pela rede de distribuição, temporizados pela carga, temporizados pela máquina, ou semelhantes. Mediante o controle dos circuitos conversores, é possível controlar
25 uma pluralidade de parâmetros, dando a possibilidade de simular uma pluralidade de diferentes cenários, tais como

defeitos da rede de distribuição, variações da rede de distribuição, diferentes códigos da rede de distribuição, variações da turbina eólica ou semelhantes.

Simulações com respeito aos códigos da rede de
5 distribuição, estabilidade da rede de distribuição e semelhantes são ferramentas poderosas para a otimização dos parâmetros da turbina eólica. É possível utilizar os conversores de energia para simular diferentes tipos de quedas ou aumentos de voltagem ocorrentes na rede de
10 distribuição, curtos-circuitos entre aterramento e fases, curtos-circuitos entre duas fases, curtos-circuitos entre três fases, compensação reativa, variações de frequência, diferentes ângulos de fase, diferentes formas da curva de amplitude, e outras diferentes simulações relevantes. Além
15 do mais, é possível simular e identificar diferentes períodos de tempo com respeito a diferentes cenários.

Mediante colocar diferentes sensores, tal como acelerômetros, sensores térmicos, sensores acústicos, câmeras térmicas, sensores de voltagem e de corrente, e uma
20 pluralidade de diferentes outros sensores relevantes conhecidos por aqueles usualmente versados na técnica, é possível monitorar os efeitos das simulações antes mencionadas na turbina eólica.

A Figura 6 ilustra uma saída representativa de um
25 conversor de energia, tal como o conversor de energia 50. O ilustrado conversor, um meio inversor de voltagem ALSPA VDM

7000, é um conversor multinível, tal como conversor de três níveis fixado em ponto neutro, que oferece desse modo um débito que possui uma relativamente baixa distorção harmônica quando acoplado a um motor ou um transformador. A
5 saída ilustrada ilustra a voltagem fase a fase como uma função do tempo.

A Figura 7 ilustra uma simulação de rede de distribuição de uma queda de voltagem a 60% da voltagem nominal em todas as fases com uma configuração da energia
10 do inversor instalado de 18 MVA/18 MVA. Os dois valores de energia estabelecidos se referem aos dois lados do conversor de frequência da energia, respectivamente.

$V_u[kV]$ designa as voltagens das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição,
15 medidas em kVolt.

$i_u[A]$ designa as correntes das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em Ampère.

$V_{abs}[pu]$ e $i_{abs}[pu]$ designam a combinada voltagem
20 absoluta e a combinada corrente absoluta, respectivamente, por unidade, isto é um valor de 1 indica 100% da voltagem nominal ou corrente das fases do sistema de simulação da rede de distribuição.

Nessa simulação, o período de teste começa em cerca
25 de 0,06 segundos, e é observado que o nível de voltagem do sistema se estabiliza após cerca de 2,3 segundos.

A Figura 8 ilustra uma simulação de rede de distribuição de um curto-circuito trifásico e uma queda de tensão para cerca de 35% da tensão nominal com uma configuração da energia instalada do inversor de 18 MVA/27
5 MVA.

$V_u[\text{kV}]$ designa as tensões das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em kV.

$i_u[\text{A}]$ designa as correntes das diferentes fases da
10 saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em Amperé.

$V_{\text{abs}}[\text{pu}]$ e $i_{\text{abs}}[\text{pu}]$ designam a combinada tensão absoluta e a combinada corrente absoluta, respectivamente, por unidade, isto é um valor de 1 indica 100% da tensão
15 nominal ou corrente das fases do sistema de simulação da rede de distribuição.

Nessa simulação, o período de teste começa em cerca de 0,06 segundos, e é observado que o nível de tensão do sistema se estabiliza após cerca de 2,6 segundos.

20 A Figura 9 ilustra uma simulação de rede de distribuição de um defeito curto-circuito bifásico com nível de tensão 100%, $0^\circ / 50\%$, $180^\circ / 50\%$, 180° com uma configuração da energia do inversor instalado de 18 MVA/18 MVA. As duas fases defeituosas atuam como um caminho de
25 retorno para a corrente da fase operacional.

$V_u[\text{kV}]$ designa as voltagens das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em kVolt.

$i_u[\text{A}]$ designa as correntes das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em Ampère.

$v_{abs}[\text{pu}]$ e $i_{abs}[\text{pu}]$ designam a combinada voltagem absoluta e a combinada corrente absoluta, respectivamente, por unidade, isto é um valor de 1 indica 100% da voltagem nominal ou corrente das fases do sistema de simulação da rede de distribuição.

Nessa simulação, o período de teste começa em cerca de 0,06 segundos, e é observado que o nível de voltagem do sistema se estabiliza após cerca de 2,8 segundos.

A Figura 10 ilustra uma simulação de rede de distribuição de uma queda de voltagem até cerca de 20% da voltagem nominal com uma configuração da energia do inversor instalado de 18 MVA/36 MVA.

$v_u[\text{kV}]$ designa as voltagens das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em kVolt.

$i_u[\text{A}]$ designa as correntes das diferentes fases da saída do sistema de simulação da rede de distribuição, medidas em Ampère.

$V_{abs}[\text{pu}]$ e $i_{abs}[\text{pu}]$ designam a combinada voltagem absoluta e a combinada corrente absoluta, respectivamente,

por unidade, isto é um valor de 1 indica 100% da voltagem nominal ou corrente das fases do sistema de simulação da rede de distribuição.

Nessa simulação, o período de teste começa em cerca de 0,06 segundos, e é observado que o nível de voltagem do sistema se estabiliza após cerca de 2,8 segundos.

- REIVINDICAÇÕES -

1. SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, para testar pelo menos uma parte dos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) de um sistema de turbina eólica (74) que inclui um sistema gerador elétrico (8, 48, 78), os referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) estando montados sobre uma estrutura portadora de carga (10) de uma nacela (3, 72) do referido sistema de turbina eólica (74), o referido sistema de realização de testes de turbina eólica caracterizado por compreender:

uma bancada de teste (12, 42) estando disposta para firmar a referida estrutura portadora de carga (10) da referida nacela de turbina eólica (3, 72) incluindo os referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22),

um sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92) compreendendo

um sistema conversor de energia (50) e

um controlador de simulação (51) estando disposto para ser eletricamente acoplado a pelo menos um dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) e que está adaptado para proporcionar

uma simulada rede de distribuição pública (58) com base em

um suprimento de energia (500) e

pelo menos um sinal de controle estabelecido pelo referido controlador de simulação (51), e

um sistema de simulação eólica (45, 69) compreendendo um meio de rotação do eixo da turbina eólica (61) disposto para ser acoplado a uma parte giratória do referido sistema gerador (8, 48, 78) ou um sistema
5 relacionado a gerador de uma nacela de turbina eólica (3, 72) ou uma parte de uma nacela de turbina eólica (3, 72) situados na referida bancada de teste (12, 42).

2. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por
10 a referida bancada de teste (12, 42) estar disposta para firmar uma nacela completa (3, 72) do referido sistema de turbina eólica (74).

3. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e
15 2, caracterizado por o referido meio de rotação do eixo (61) compreender meios para serem conectados mecanicamente a um eixo de baixa velocidade de um sistema de turbina eólica (74).

4. Sistema de realização de testes de turbina
20 eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por o referido meio de rotação do eixo (61) compreender meios para serem conectados a um eixo de alta velocidade de um sistema de turbina eólica (74).

5. Sistema de realização de testes de turbina
25 eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado por a referida simulada rede de

distribuição pública (58) compreender meios para serem eletricamente acoplados a um transformador de saída do gerador (75) dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22).

5 6. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado por a referida simulada rede de distribuição pública (58) compreender meios para serem eletricamente acoplados a um conversor de frequência da
10 energia (9) dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22).

 7. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por o referido sistema conversor de
15 energia (50) estar disposto para simular diferentes condições da rede de distribuição em resposta aos sinais de controle provenientes do referido controlador de simulação (51).

 8. Sistema de realização de testes de turbina
20 eólica, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por as referidas condições da rede de distribuição compreenderem condições de defeitos, condições de rede de distribuição fraca e/ou condições assimétricas da rede de distribuição.

25 9. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 e

8, caracterizado por as referidas condições da rede de distribuição compreenderem variações de voltagem tal como quedas de voltagens, reduções de voltagem ou aumentos de voltagem, curtos-circuitos tais como curtos-circuitos entre terra e fases ou curtos-circuitos entre duas ou mais fases, variações do $\cos(\varphi)$ tais como aumento ou redução da potência reativa para e/ou proveniente da rede de distribuição, variações de frequências das fases, variações de corrente tais como reduções ou aumentos, variações das formas de curvas de fases individuais, algumas fases ou de todas as fases e qualquer combinação desses mencionados.

10. Sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 9, caracterizado por as referidas condições da rede de distribuição envolverem condições da rede de distribuição que variam com o tempo.

11. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado por o referido suprimento de energia (500) ser provido por uma rede de distribuição pública.

12. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 11, caracterizado por o referido sistema conversor de energia (50) compreender um conversor de comutação baseado em semicondutor.

13. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o referido conversor baseado em semi-condutor é um conversor baseado em tiristor.

5 14. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 13, caracterizado por o referido sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92) adicionalmente compreender um transformador de entrada da rede de distribuição (54)
10 acoplado entre o referido suprimento de energia (500) e o referido sistema conversor de energia (50).

15 15. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado por o referido sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92) adicionalmente compreender um transformador de saída da rede de distribuição (55) acoplado entre referido sistema conversor de energia (50) e a referida simulada rede de distribuição pública (58).

20 16. Sistema de realização de testes de turbina eólica, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado por adicionalmente compreender um sistema de simulação do estresse na nacela, um sistema de simulação da temperatura da turbina eólica e/ou um sistema de simulação da umidade da turbina eólica.

25 17. USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer das reivindicações 1

a 16, para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um sistema de turbina eólica (74) sob condições de vento fisicamente simuladas na rede de distribuição.

5 18. USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 16 para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica (74) sob condições fisicamente simuladas de vento na rede
10 de distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica (74) por parte do fabricante, caracterizado por as referidas simuladas condições de vento corresponderem às condições de vento sabidas estarem presentes no local específico de operação do referido dado
15 sistema de turbina eólica (74).

 19. USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 16, para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica
20 (74) sob condições climáticas fisicamente simuladas numa rede de distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica (74) por parte do fabricante, caracterizado por as referidas condições climáticas simuladas incluírem condições de vento, condições de
25 temperatura e/ou umidade correspondentes às condições

climáticas sabidas estarem presentes no local específico de operação do referido dado sistema de turbina eólica (74).

20. USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 16, caracterizado por ser usado para estabelecer e avaliar o "feedback" recebido de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica (74) sob diferentes condições da rede de distribuição.

21. USO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, para estabelecer e avaliar a compatibilidade de pelo menos uma parte de um dado sistema de turbina eólica (74) a um conjunto de códigos da rede de distribuição antes do embarque do referido sistema de turbina eólica (74) por parte do fabricante, caracterizado por o referido conjunto de códigos da rede de distribuição corresponder aos códigos da rede de distribuição que se aplicam no local específico da operação do referido dado sistema de turbina eólica (74).

22. Uso, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por o referido conjunto de códigos da rede de distribuição compreender requisitos de resposta de um sistema de turbina eólica (74) para as diferentes condições da rede de distribuição que incluem variações de voltagem tal como quedas de voltagens, reduções de voltagem ou aumentos de voltagem, curtos-circuitos tais como curtos-

circuitos entre terra e fases ou curtos-circuitos entre duas ou mais fases, variações do $\cos(\varphi)$ tais como aumento ou redução da potência reativa para e/ou proveniente da rede de distribuição, variações de frequências das fases, variações de corrente tais como reduções ou aumentos, variações das formas de curvas de fases individuais, algumas fases ou de todas as fases e qualquer combinação desses mencionados.

23. MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE PELO MENOS
10 UMA PARTE DOS COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, caracterizado por compreender as etapas de:

15 montagem dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) por sobre uma estrutura portadora de carga (10) de uma nacela de turbina eólica (3, 72),

colocar a referida estrutura portadora de carga (10) em uma bancada de teste (12, 42) do referido sistema
20 de realização de testes de turbina eólica,

acoplar um meio de rotação do eixo (61) de um sistema de simulação eólica (45, 69) do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a uma parte giratória de um sistema gerador (8, 78) ou um sistema
25 relacionado a gerador da referida nacela de turbina eólica (3, 72),

acoplar eletricamente uma simulada rede de distribuição pública (58) de um sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92) do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a um componente elétrico da nacela (8, 9, 22),

girar a referida parte giratória de um sistema gerador (8, 78) por meio do referido sistema de simulação eólica (45, 69) simulando diferentes condições de vento,

expor o referido componente nacela (6, 7, 8, 9, 22) às diferentes condições simuladas da rede de distribuição por meio do referido sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92), e

estabelecer e avaliar o "feedback" recebido dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) sob as diferentes simultaneamente simuladas condições de vento e da rede de distribuição.

24. MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE PELO MENOS UMA PARTE DOS COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, caracterizado por compreender as etapas de:

montagem dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) na nacela de turbina eólica (3, 72),

colocar a referida nacela de turbina eólica (3, 72) em uma bancada de teste (12, 42) do referido sistema de realização de testes de turbina eólica,

acoplar um meio de rotação do eixo (61) de um
5 sistema de simulação eólica (45, 69) do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a uma parte giratória de um sistema gerador (8, 78) ou um sistema relacionado a gerador da referida nacela de turbina eólica (3, 72),

10 acoplar eletricamente uma simulada rede de distribuição pública (58) de um sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92) do referido sistema de realização de testes de turbina eólica a um componente elétrico da nacela (8, 9, 22),

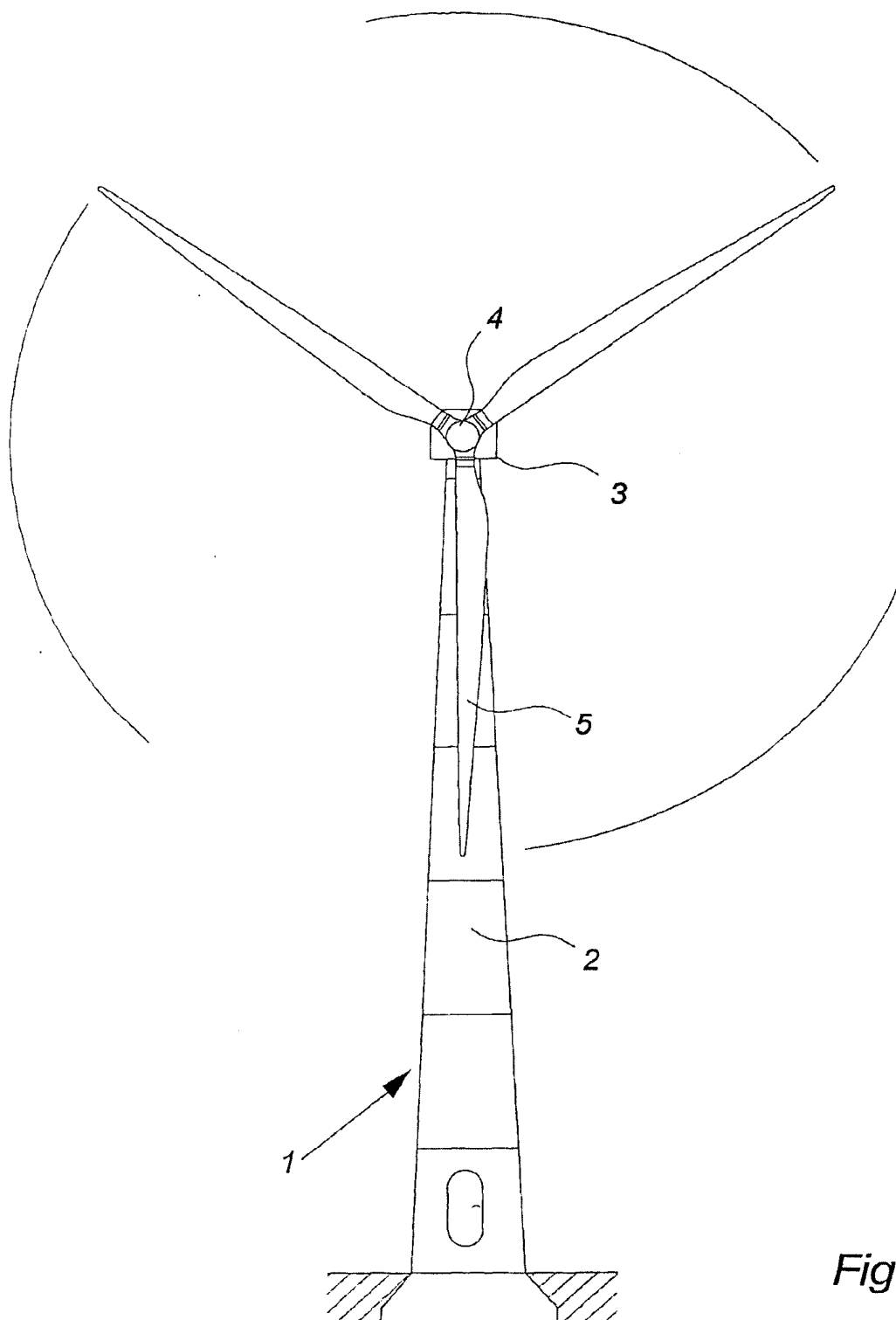
15 girar a referida parte giratória de um sistema gerador (8, 78) por meio do referido sistema de simulação eólica (45, 69) simulando diferentes condições de vento,

expor o referido componente nacela (6, 7, 8, 9, 22) às diferentes condições simuladas da rede de distribuição
20 por meio do referido sistema de simulação da rede de distribuição (59, 92), e

estabelecer e avaliar o "feedback" recebido dos referidos componentes de nacela (6, 7, 8, 9, 22) sob as diferentes simultaneamente simuladas condições de vento e
25 da rede de distribuição.

25. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 23 e 24, caracterizado por o referido sistema de realização de testes de turbina eólica compreender um sistema de realização de testes de turbina eólica de acordo com qualquer das reivindicações 1-17.

26. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 23 a 25, caracterizado por as referidas condições simuladas da rede de distribuição incluírem condições de defeitos de uma rede de distribuição pública.

*Fig. 1*

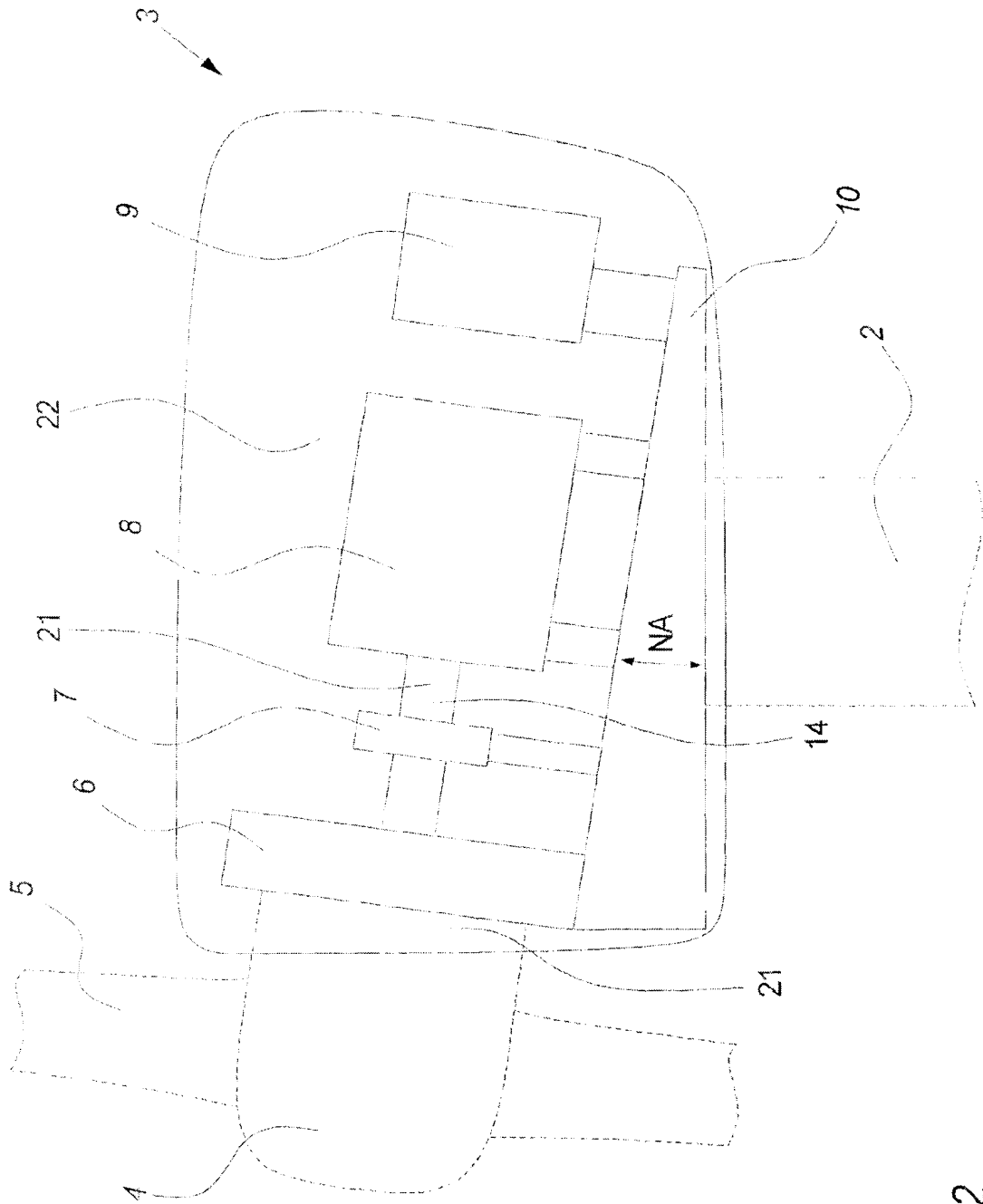


Fig. 2

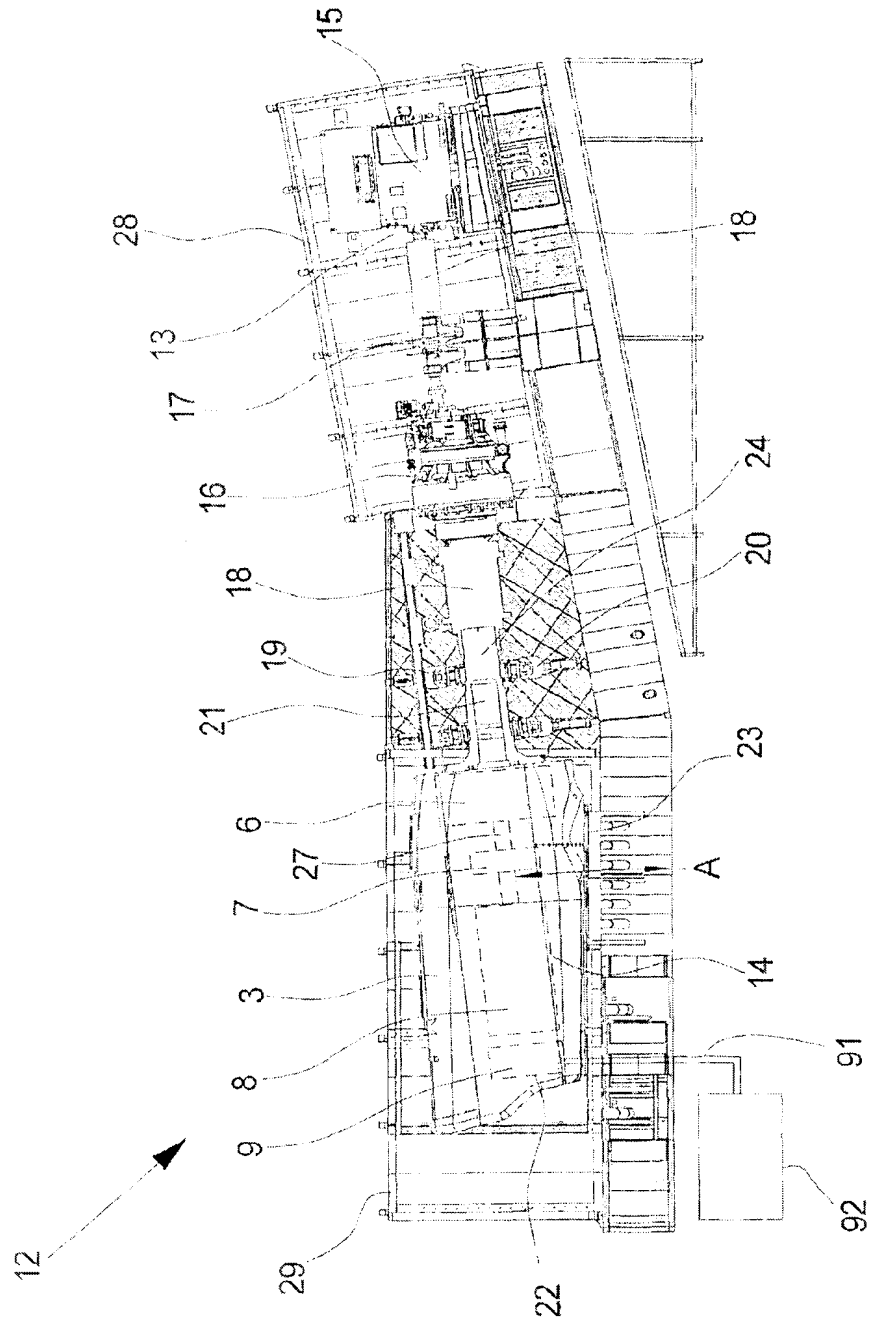


Fig. 3

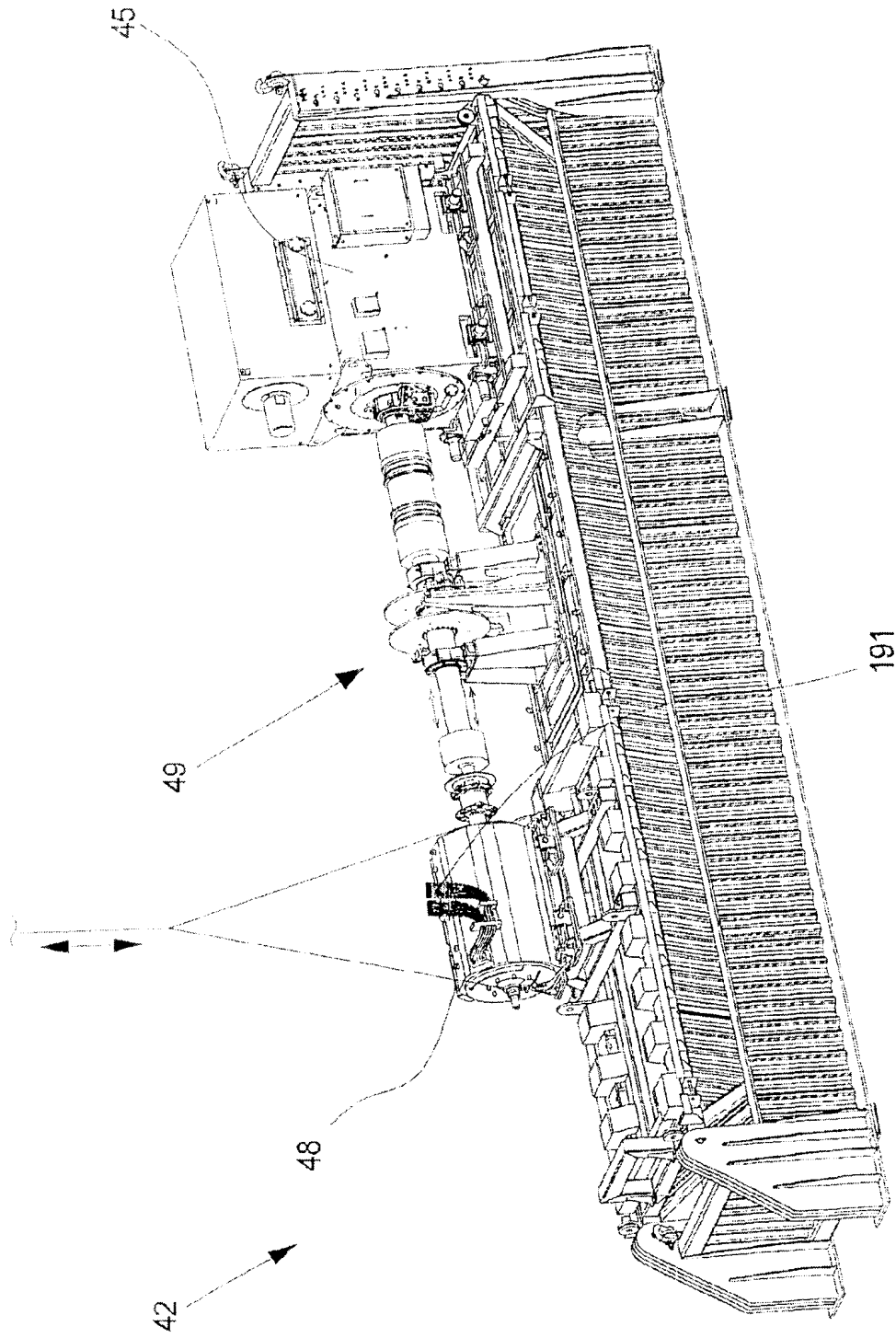


Fig. 4

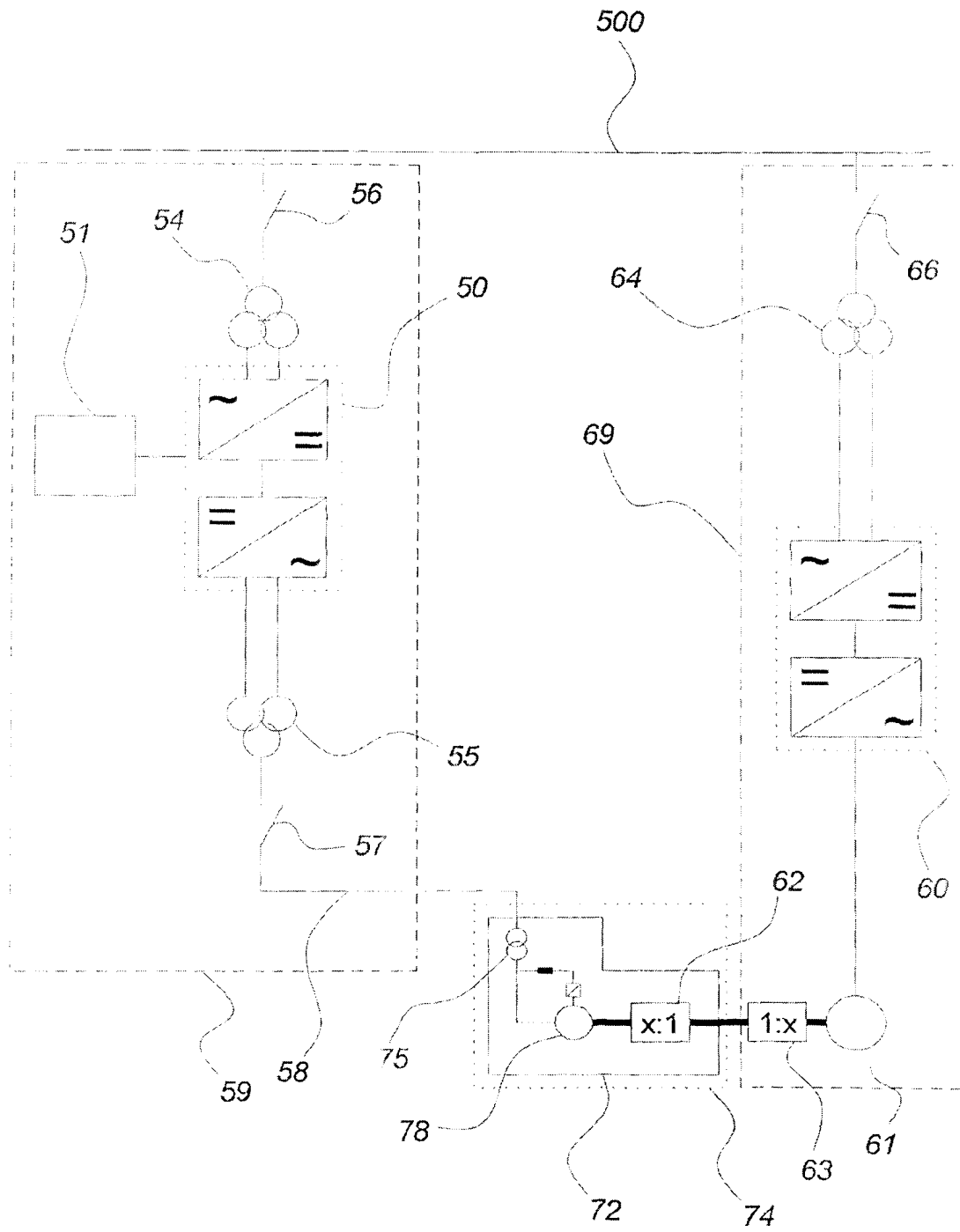
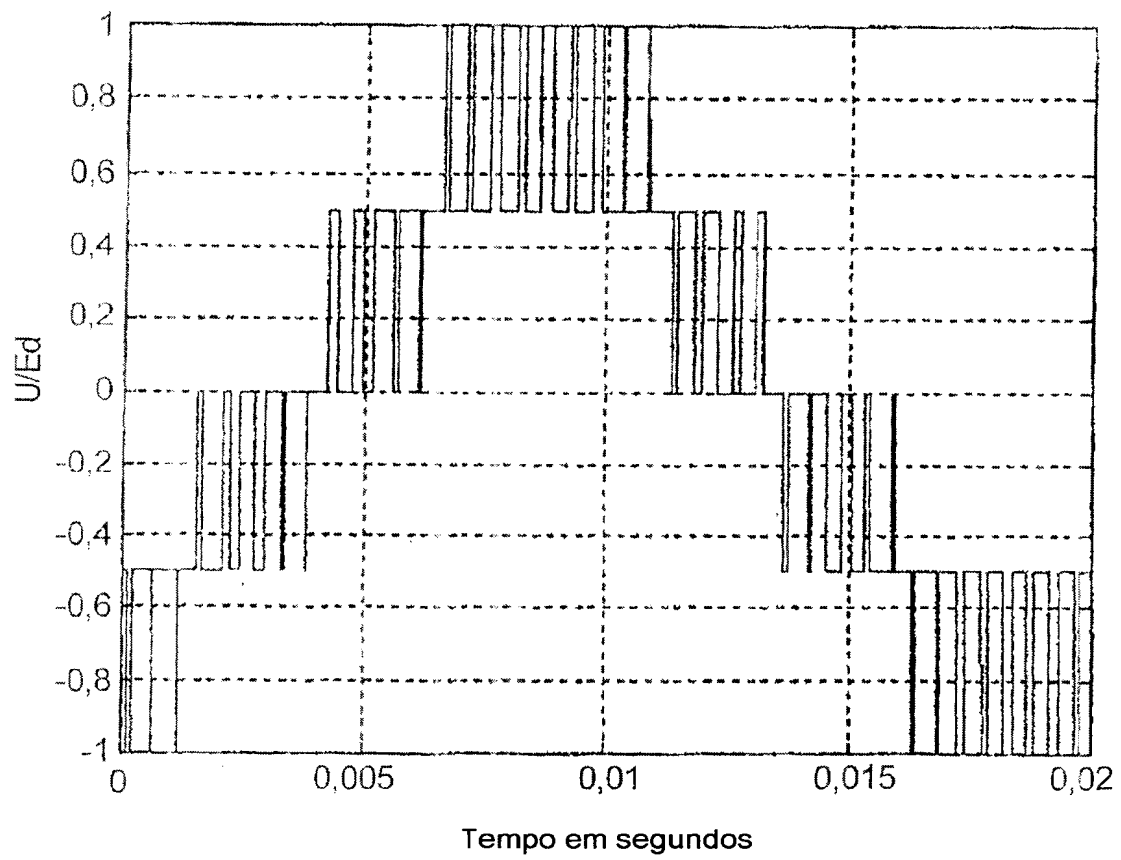


Fig. 5

*Fig. 6*

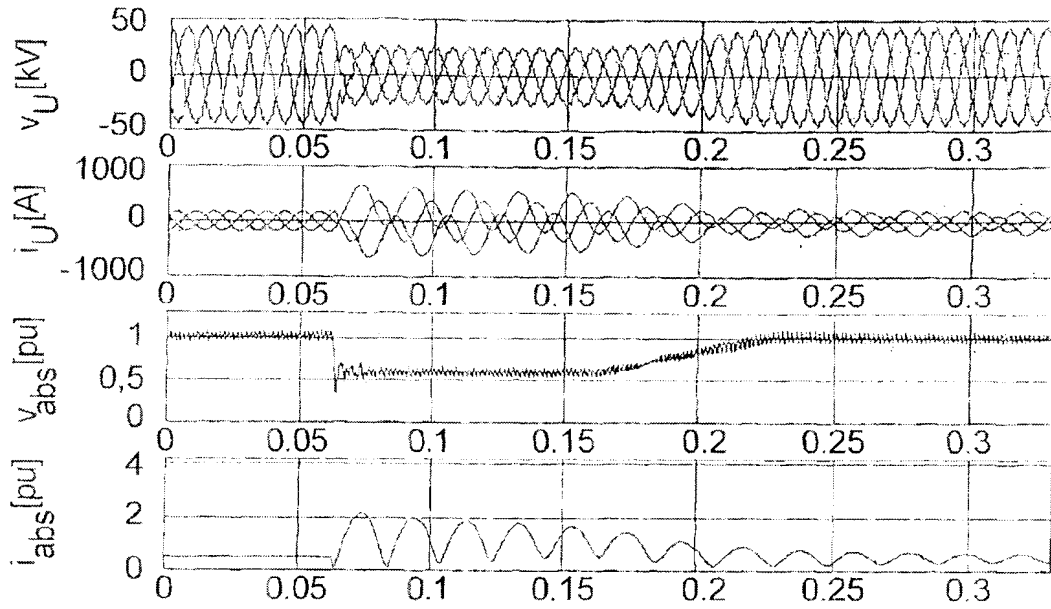


Fig. 7

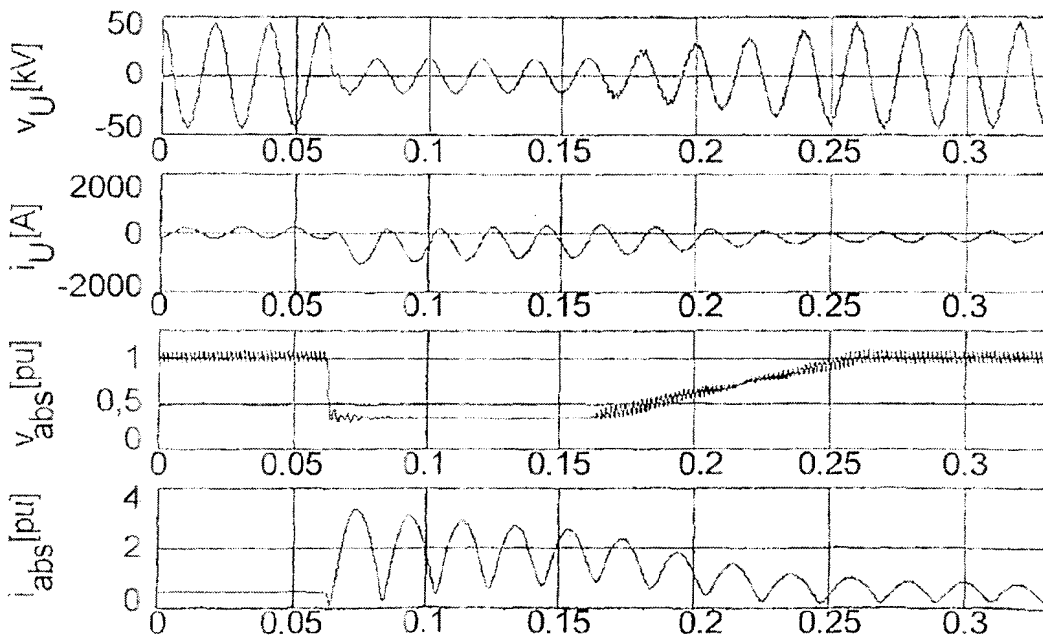
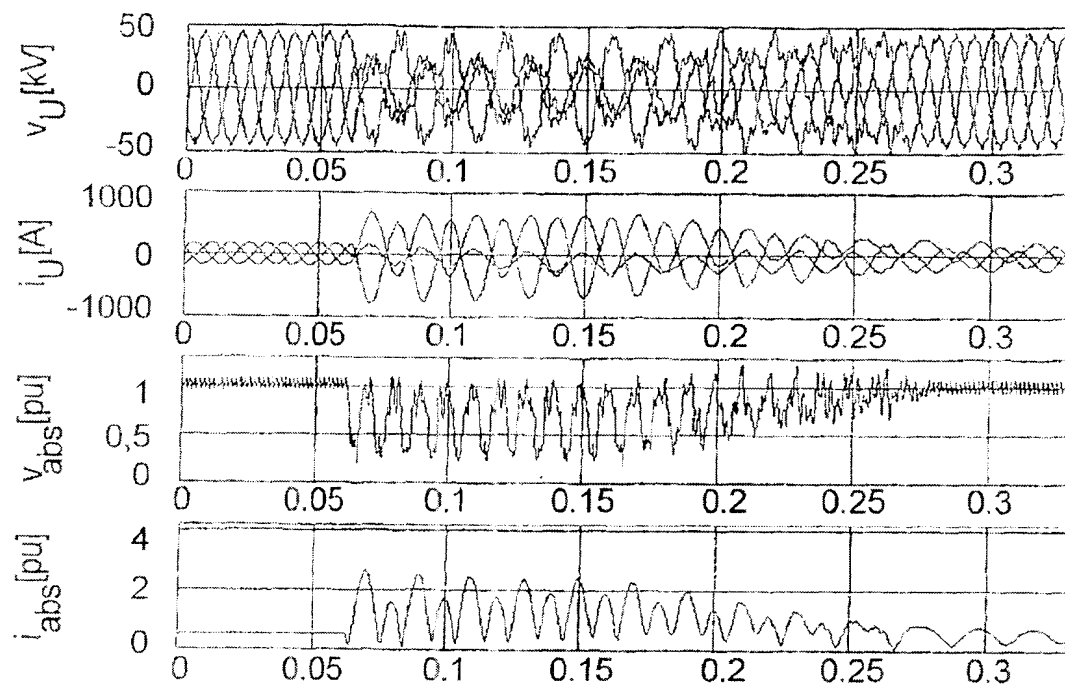
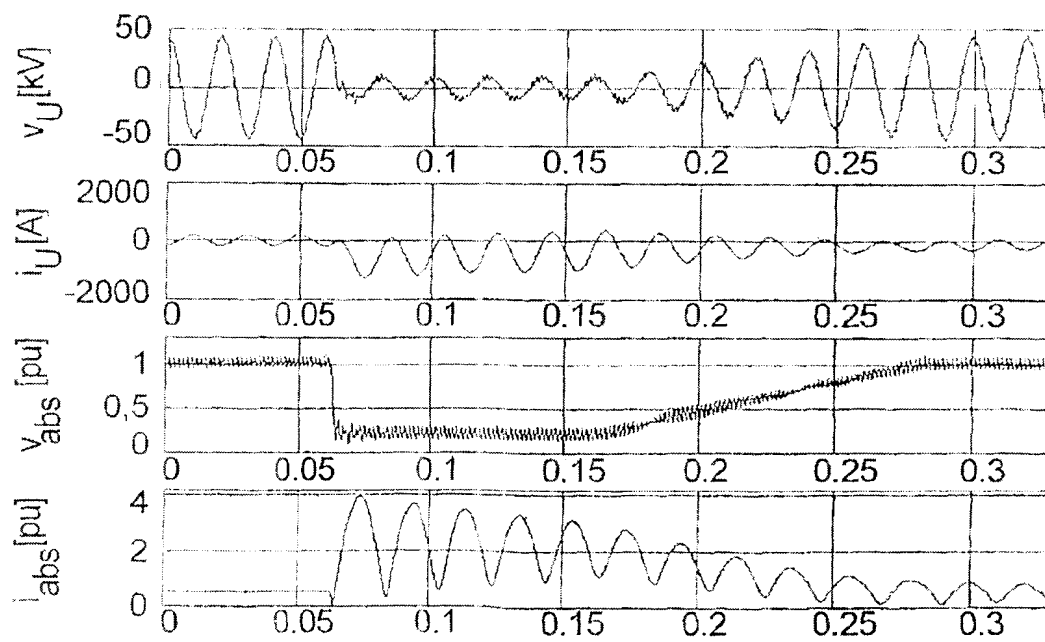


Fig. 8

*Fig. 9**Fig. 10*

- RESUMO -

SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, USO DE
UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA, E
MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE PELO MENOS UMA PARTE DOS
5 COMPONENTES DE NACELA DE UM SISTEMA DE TURBINA EÓLICA
QUANDO MONTADO SOBRE UMA ESTRUTURA PORTADORA DE CARGA DE
UMA NACELA DO REFERIDO SISTEMA DE TURBINA EÓLICA POR MEIO
DE UM SISTEMA DE REALIZAÇÃO DE TESTES DE TURBINA EÓLICA

Um sistema de realização de testes de turbina
10 eólica é revelado para testar pelo menos uma parte dos
componentes de nacela de um sistema de turbina eólica
quando montada sobre uma estrutura portadora de carga de
uma nacela, o referido sistema de realização de testes de
turbina eólica compreendendo uma bancada de teste estando
15 disposta para firmar a referida estrutura portadora de
carga que inclui os referidos componentes de nacela, um
sistema de simulação da rede de distribuição compreendendo
um sistema conversor de energia e um controlador de
simulação estando disposto para ser eletricamente acoplado
20 a pelo menos um dos referidos componentes de nacela e
estando adaptado para prover uma simulada rede de
distribuição pública com base em um suprimento de energia e
pelo menos sinal de controle estabelecido pelo referido
controlador de simulação, e um sistema de simulação eólica
25 compreendendo um meio de rotação do eixo da turbina eólica

disposto para ser acoplado a uma parte giratória do referido sistema gerador ou um sistema relacionado a gerador de uma nacela ou uma parte de uma nacela posicionada na referida bancada de teste.