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

(21) BR 10 2012 023694-0 A2

(22) Data de Depósito: 19/09/2012

(43) Data da Publicação: 23/12/2014
(RPI 2294)

(54) Título: MÉTODO PARA OPERAR UM PARQUE EÓLICO, CONTROLADOR DO PARQUE EÓLICO E PARQUE EÓLICO

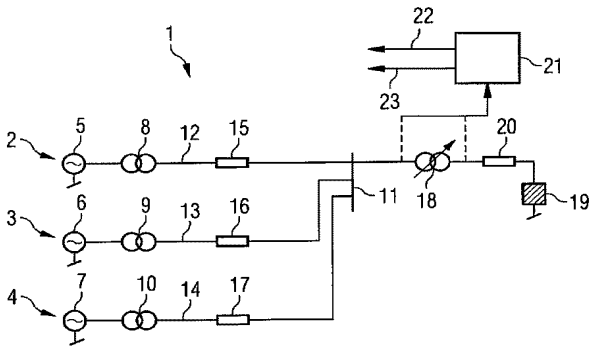
(51) Int.Cl.: F03D7/00; G01R21/00

(30) Prioridade Unionista: 20/09/2011 EP 11182016

(73) Titular(es): Siemens Aktiengesellschaft

(72) Inventor(es): Per Egedal, Sathees Kumar

(57) Resumo: MÉTODO PARA OPERAR UM PARQUE EÓLICO, CONTROLADOR DO PARQUE EÓLICO E PARQUE EÓLICO. A invenção refere-se a um método para operar um parque eólico, o parque eólico compreendendo uma turbina eólica, e um dispositivo de armazenamento de energia, o parque eólico sendo conectado a uma grade externa, o método compreendendo determinar uma potência ativa requerida, determinar uma potência reativa requerida, determinar a produção de energia da turbina eólica e carregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver acima da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requrida. Além disso, os controladores do parque eólico correspondentes, os parques eólicos, os elementos de programa, e os meios legíveis por computador são assunto da presente invenção.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA OPERAR UM PARQUE EÓLICO, CONTROLADOR DO PARQUE EÓLICO E PARQUE EÓLICO".**

Campo da invenção

A presente invenção refere-se ao campo de geração de energia por turbinas eólicas.

Descrição da técnica anterior

As usinas nucleares comuns operadas com energia nuclear ou combustão devem ser substituídas com fontes de energia renováveis como parque eólicos, estações de energia solar e fazendas de onda, por exemplo. Em particular, as turbinas eólicas estão se tornando mais e mais populares para geração de energia ecológica. A energia cinética do vento é convertida em energia rotacional de um rotor de turbina eólica pelas pás do rotor de turbina eólica e destas em energia elétrica por um gerador.

Um dos principais desafios associados com a substituição das usinas nucleares convencionais com fontes de energia renovável é administrar a energia no tempo quando é na realidade requerida pelos consumidores. As usinas nucleares convencionais podem queimar mais (menos) combustível quando a demanda aumentar (reduzir).

Entretanto, a administração das fontes de energia elétrica renovável não pode ser regulada de forma fácil. Uma quantidade de vento, por exemplo, pode ser a mesma sobre um dia todo. Entretanto, a demanda de energia pode desviar durante o dia, em particular pode ser mais alta ao meio-dia para cozinhar. Além disso, pode haver nenhum vento. As estações de energia solar por outro lado podem fornecer energia apenas durante o dia e não quando é necessária para iluminação.

US 7 908 036 B2 e US 2010/0138058 A1 descrevem os parques eólicos, grupos de várias turbinas eólicas em uma localização, sendo operada com base nas "taxas de declive", ou seja, a taxa de mudança na produção de energia de uma turbina eólica pode fornecer em operação normal.

Entretanto, pode haver uma necessidade para um método para operar uma estação eólica e um parque eólico, que fornecem suporte adi-

cional, em particular, referente ao suporte de potência reativa e suporte de tensão, para uma grade externa.

Sumário da invenção

Esta necessidade pode ser obtida pelo assunto de acordo com as reivindicações independentes. Modalidades vantajosas da presente invenção são descritas pelas reivindicações dependentes.

De acordo com um primeiro aspecto da invenção é fornecido um método para operar um parque eólico, o parque eólico compreendendo uma turbina eólica, e um dispositivo de armazenamento de energia, o parque eólico sendo conectado a uma grade externa, o método compreendendo determinar uma potência ativa requerida, determinar uma potência reativa requerida, determinar a produção de energia da turbina eólica, e carregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver acima da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida.

De acordo com uma primeira modalidade do método para operar um parque eólico, o método ainda compreende descarregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver abaixo da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma de potência ativa requerida e da potência reativa requerida.

Descarregar o dispositivo de armazenamento de energia pode então permitir que o parque eólico cumpra melhor com as exigências externas. A quantidade de estações de energia convencionais paradas pode ser reduzida como em situações de baixo vento energia adicionar pode ser fornecida pelo dispositivo de armazenamento de energia.

De acordo com outra modalidade do método para operar um parque eólico, o método ainda compreende reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima de uma produção de energia avaliada da turbina eólica.

Reduzir a produção de energia quando a produção de energia estiver acima de uma produção de energia avaliada da turbina eólica pode

reduzir as cargas apresentadas pela turbina eólica e pode certamente estender a vida útil da turbina eólica.

De acordo com outra modalidade do método para operar um parque eólico, o método ainda compreende reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e de uma potência de carga avaliada do dispositivo de armazenamento de energia.

Reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e da potência de carga avaliada do dispositivo de armazenamento de energia, pode melhorar a vida útil do dispositivo de armazenamento de energia.

De acordo com outra modalidade do método para operar um parque eólico, o método ainda compreende reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e quando, ainda, o dispositivo de armazenamento de energia está cheio.

A sobrecarga do dispositivo de armazenamento de energia pode resultar no superaquecimento do dispositivo de armazenamento de energia. Reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e quando, ainda, o dispositivo de armazenamento de energia estiver cheio pode então evitar danos ao dispositivo de armazenamento de energia.

Ainda de acordo com outra modalidade do método para operar um parque eólico, o método ainda compreende determinar a tensão da grade externa e fornecer tensão de correção através do dispositivo de armazenamento de energia, quando a tensão da grade externa diferir de uma tensão predeterminada da grade externa.

Determinar a tensão da grade externa e fornecer a tensão de correção através do dispositivo de armazenamento de energia, quando a tensão da grade externa diferir de uma tensão predeterminada da grade externa, pode reduzir as flutuações de tensão apresentadas pelos consumidores conectadas através da tensão da grade externa.

De acordo com um segundo aspecto da invenção é fornecido um controlador do parque eólico, o controlador do parque eólico sendo adaptado para operar um parque eólico de acordo com um método definido acima.

O método aqui definido pode ser implementado com um controlador do parque eólico de forma que a interferência manual da equipe operacional possa ser reduzida a um mínimo ou dispensada.

De acordo com uma modalidade do controlador do parque eólico, o controlador do parque eólico compreende uma memória para armazenar dados indicativos de uma quantidade de energia armazenada dentro do elemento de armazenamento de energia.

Informações sobre a quantidade de energia armazenada dentro do elemento de armazenamento de energia podem ajudar a decidir quando a produção de energia deve ser reduzida para evitar a sobrecarrega do elemento de armazenamento de energia. Além disso, tais informações podem ser úteis para decidir se energia adicional pode e dever ser fornecida pelo parque eólico, quando os preços de mercado para energia estiverem relativamente altos.

De acordo com um terceiro aspecto da invenção é fornecido um parque eólico compreendendo uma turbina eólica, um elemento de armazenamento de energia, e um controlador do parque eólico definido acima. Tal um parque eólico pode ser mais rentável, pois pode colher mais energia do vento do que um parque eólico sem um elemento de armazenamento de energia.

De acordo com uma primeira modalidade do parque eólico, o elemento de armazenamento de energia compreende uma bateria e/ou uma roda volante e/ou um armazenamento de energia magnética supercondutora.

Vários métodos para armazenar energia foram descritos no estado da técnica. As baterias têm a vantagem de terem sido pesquisadas intensivamente e a influência das condições operacionais na vida útil também é conhecida. As rodas volantes podem fornecer energia particularmente alta por um período curto de tempo sem compreender a vida útil. Os armazenamentos de energia magnética supercondutora podem ter uma baixa autodescarga.

De acordo com outra modalidade do parque eólico, o elemento de armazenamento de energia compreende um restaurador de tensão dinâmica. Um restaurador de tensão dinâmica pode ser usado para manter a tensão dentro do parque eólico essencialmente constante em caso de uma queda de tensão da grade externa.

De acordo com outra modalidade do parque eólico, o elemento de armazenamento de energia compreende um interruptor de desvio. Um interruptor de desvio pode ser usado para desacoplar o elemento de armazenamento de energia de uma grade do parque eólico. Isto pode ser útil para evitar estas falhas da grade, por exemplo, pontas de tensão podem danificar o elemento de armazenamento de energia, em particular uma bateria ou um armazenamento de energia magnética supercondutora desta.

De acordo com outra modalidade do parque eólico, o elemento de armazenamento de energia compreende um transformador de injeção. Um transformador de injeção pode fornecer isolamento galvânico do elemento de armazenamento de energia de uma grade do parque eólico. Além disso, um transformador de injeção pode permitir a operação do elemento de armazenamento de energia com uma tensão mais baixa. Os componentes de energia avaliados para uma tensão mais baixa podem ser mais econômicos.

De acordo com um quarto aspecto é fornecido um elemento de programa para operar uma turbina eólica, o elemento de programa, quando executado por um processador de dados, é adaptado para controlar e/ou realizar um método definido acima.

O elemento de programa pode ser implementado como código

de instrução legível por computador em qualquer linguagem de computador adequada, como, por exemplo, JAVA, C++, e pode ser armazenado em um meio legível por computador (disco removível, memória volátil ou não volátil, memória/processador embutida, etc.). O código de instrução é operável para programar o computador ou qualquer outro dispositivo programável para realizar as funções direcionadas. O elemento de programa pode estar disponível de uma rede, como a World Wide Web, da qual ele pode ser baixado.

De acordo com um quinto aspecto é fornecido um meio legível por computador no qual é fornecido um programa de computador para processar um objeto físico, o programa de computador, quando executado por um processador de dados, é adaptado para controlar e/ou realizar um método definido acima.

O meio legível por computador pode ser legível por um computador ou um processador. O meio legível por computador pode ser, por exemplo, entre outros, um sistema, dispositivo ou meio de transmissão elétrico, magnético, óptico, infravermelho ou semicondutor. O meio legível por computador pode incluir pelo menos um dos seguintes meios: um meio distribuível por computador, um meio de armazenamento de programa, um meio de registro, uma memória legível por computador, uma memória de acesso aleatório, uma memória somente leitura programável apagável, um pacote de distribuição do software legível por computador, um sinal legível por computador, um sinal de telecomunicações legível por computador, material impresso legível por computador, e um pacote de software comprimido legível por computador.

Deve ser observado que as modalidades da invenção foram descritas com referência aos diferentes assuntos. Em particular, algumas modalidades foram descritas com referência às reivindicações do tipo de método em que outras modalidades foram descritas com referência às reivindicações do tipo de aparelho. Entretanto, um técnico no assunto irá reunirá de cima e da descrição a seguir, a menos que notificado de outra forma, além de qualquer combinação das características pertencentes a um tipo de assunto também de qualquer combinação entre as características referentes

aos diferentes assuntos, em particular entre as características das reivindicações to tipo de método e características das reivindicações do tipo de aparelho é considerada como reveladas com este documento.

Os aspectos definidos acima e outros aspectos da presente invenção são evidentes dos exemplos da modalidade a ser descrita a seguir e são explicados com referência aos exemplos da modalidade. A invenção será descrita em mais detalhes a seguir com referência aos exemplos da modalidade, mas nos quais a invenção não está limitada.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico de acordo com o estado da técnica.

A figura 2 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico de acordo com a invenção.

A figura 3 ilustra uma modalidade exemplar de um método para operar um parque eólico de acordo com a invenção.

A figura 4 ilustra uma estratégia de controle exemplar para um parque eólico exemplar de acordo com a invenção.

A figura 5 mostra uma modalidade exemplar de um circuito de controle.

A figura 6 mostra uma estratégia de carga parada exemplar.

A figura 7 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico de acordo com a invenção.

A figura 8 mostra um cenário de tensão exemplar.

A figura 9 mostra uma visualização de potenciais.

A figura 10 mostra um cenário de tensão exemplar.

A figura 11 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico de acordo com a invenção.

Descrição Detalhada

A ilustração no desenho é esquematicamente.

A figura 1 mostra a visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico 1 de acordo com o estado da técnica. O parque eólico 1 compreende uma primeira turbina eólica 2, uma segunda turbi-

na eólica 3, e uma terceira turbina eólica 4. Os geradores da turbina eólica 5, 6, 7 das respectivas turbinas eólicas 2, 3, 4 são conectados ao lado de baixa tensão dos transformadores 8, 9, 10 da turbina eólica correspondente. A energia transformada é guiada do lado de tensão média do respectivo transformador da turbina eólica 8, 9, 10 a um ponto de acoplamento comum 11 através dos cabos 12, 13, 14 com as impedâncias 15, 16, 17 respectivamente. Após o ponto de acoplamento comum a energia é ainda transformada em uma tensão ainda mais alta através do transformador do parque eólico 18. A energia é então inserida em uma grade externa 19 através de um compensador de potência reativa 20. Um controlador do parque eólico 21 monitora a tensão, frequência, potência ativa, e potência reativa antes e/ou após o transformador do parque eólico 18 e fornece as turbinas eólicas 2, 3, 4 com sinais de controle 22, 23. Os sinais de controle 22, 23 são usados para controlar a energia de cada turbina eólica 2, 3, 4 que produz e a velocidade rotacional do rotor da turbina eólica de cada turbina eólica 2, 3, 4.

A figura 2 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico 24 de acordo com a invenção com uma primeira turbina eólica 25, uma segunda turbina eólica 26, uma terceira turbina eólica 27, e uma quarta turbina eólica 28. Os geradores da turbina eólica 29, 30, 31, 32 das turbinas eólicas 25, 26, 27, 28 respectivamente são avaliados para uma produção de energia de 2,3 MW. Os transformadores da turbina eólica transformam a energia de 690 V para 33 kV. Através dos cabos 37, 38, 39, 40 com impedâncias 41, 42, 43, 20 44 a energia é guiada a um ponto de acoplamento comum 45. A partir do ponto de acoplamento comum 45 a energia é guiada ao lado de tensão média do transformador do parque eólico 47 onde a energia é tipicamente transformada de 33 kV para 132 kV. Entretanto, o índice de transformação pode ser variável. Isto pode melhorar a adaptabilidade do parque eólico às diferentes grades externas 48. Além disso, um transformador do parque eólico com um índice de transformação variável pode fornecer suporte melhorado da grade externa no caso de falhas da grade externa. A partir do lado de alta-tensão do transformador do parque eólico 47 a energia é fornecida à grade externa 48 através de

um compensador de potência reativa 49. O compensador de potência reativa 49 nesta modalidade exemplar tem um índice reatância para resistência de 10. Um dispositivo de armazenamento de energia 46 é acoplado ao ponto do acoplamento comum 45. Entretanto, em uma modalidade alternativa o dispositivo de armazenamento de energia 46 também poderia ser acoplado ao lado de alta-tensão do transformador do parque eólico 47. O dispositivo de armazenamento de energia 46 compreende uma bateria 50, um circuito de controle 51, um conversor 52, uma unidade de filtro 53, e um transformador de injeção 54. O circuito de controle 51 controla a carga e descarga da bateria 50 com corrente direta. O conversor 52 converte a corrente direta em corrente alternada para ser fornecida no ponto de acoplamento comum 45. A saída do conversor 52 é conectada à unidade de filtro 53, que suaviza a corrente antes de ser inserida ao transformador de injeção 45. O transformador de injeção 54 pode em particular ser um transformador trifásico. O transformador de injeção 10 54 não pode apenas ser usado para injetar a corrente alternada no ponto de acoplamento comum 45, mas pode também transformar a tensão na lateral do ponto de acoplamento comum 45 a um valor inferior no lado do filtro 52. Isto pode permitir o uso dos dispositivos de baixa tensão para o elemento de armazenamento de energia 46. Um controlador do parque eólico 55 mede a tensão, frequência, potência ativa, e potência reativa antes e/ou após o transformador do parque eólico 47. Com base nestes parâmetros o controlador do parque eólico 55 controla as turbinas eólicas 25, 26, 27, 28 e o elemento de armazenamento de energia 46, em particular o circuito de controle 51, através dos sinais de controle 56, 57, 58, 59. O circuito de controle 51 pode se comunicar com o controlador do parque eólico 55 bidirecional para impedir o controlador do parque eólico de realizar o controle de frequência. O controlador do parque eólico 55 pode, por exemplo, determinar quanta energia deve ser extraída do elemento de armazenamento de energia 46 através do sinal de controle 58 e ao mesmo tempo em que recebe o retorno do circuito de controle 51 sobre o nível de energia restante da bateria 50.

A figura 3 ilustra uma modalidade exemplar de um método para

operar um parque eólico de acordo com a invenção. O diagrama mostra o desenvolvimento da energia disponível na vista do vento que sopra no momento P_{Av}, a potência ativa que as turbinas eólicas produzem atualmente P_{WT} a potência ativa que o parque eólico fornece a uma grade externa P_{GG}, e a potência ativa que o elemento de armazenamento de energia armazena e libera P_{ES} versus tempo.

Quando o vento começa a soprar a turbina eólica pode usar essencialmente toda a energia disponível P_{AV} para produzir a potência ativa P_{WT}. Nenhuma energia foi armazenada no elemento de armazenamento de energia ainda. Certamente, a potência ativa que o parque eólico fornece à grade externa P_{Gg} é igual a P_{WT} e P_{AV}. Quando a energia disponível P_{AV} ultrapassa no tempo ti em que a potência ativa requerida pelos consumidores P_{DP} as turbinas eólicas podem ainda usar toda a potência ativa disponível P_{AV} para gerar a potência ativa P_{WT}. A potência ativa fornecida à grade externa P_{Gg} é reduzida pela potência ativa P_{ES} usada para carregar o elemento de armazenamento de energia. Desta forma, a energia suplementar E_{su} pode ser retida no elemento de armazenamento de energia como energia armazenada E_{ST}. A energia de carga do elemento de armazenamento de energia pode ser limitada por certa energia limite P_{TH}. Se a energia disponível P_{AV} excede a potência ativa requerida P_{DP} por uma quantidade de mais do que P_{TH} e t_2 a potência ativa produzida pelas turbinas eólicas P_{WT} pode ser reduzida para evitar danos ao elemento de armazenamento de energia. Quando o vento reduz e a energia disponível P_{AV} se tornar mais baixa do que a energia requerida PDP a energia E_{RL} pode ser liberada do elemento de armazenamento de energia, de forma que mais potência ativa P_{GG} possa ser fornecida à grade externa. Desta forma, mesmo em condições de baixo vento as exigências do consumidor podem ser mais bem cumpridas.

A figura 4 ilustra uma estratégia de controle exemplar para um parque eólico exemplar de acordo com a invenção. Um comparador 60 compara a energia a ser fornecida pelo parque eólico P_{WF} com a energia P_{PPC} disponível em um ponto de acoplamento comum de turbinas eólicas e um elemento de armazenamento de energia do parque eólico. A diferença desta

é fornecida a um controlador do parque eólico 61, que determina uma nova energia preferida P_{T0} a ser fornecida pelas turbinas eólicas. Um divisor 62 divide o valor desta energia preferida P_{T0} com o número de turbinas eólicas referidas e os pontos de ajuste individuais P_{iSp} são distribuídos às turbinas eólicas.

O elemento 63 monitora a energia a ser fornecida pelo parque eólico P_{WF} e a energia P_{Av}, que é disponível devido a condição de vento atual. Se P_{AV} for maior do que P_{WF} o elemento 63 transmite o valor de P_{AV} ao comparador 64, onde será subtraído de P_{T0}. A diferença resultante P_{EB} será negativa e assim o circuito de controle 65 começará a carregar a bateria com uma energia positiva P_B. O circuito de controle pode ser fornecido com uma entrada para definir um limite de energia superior P_{UL} e um limite de energia inferior P_{LL} para carregar e/ou descarregar a bateria.

A figura 5 mostra uma modalidade exemplar de um circuito de controle 65, que pode ser usado para a implementação conforme foi descrito com referência à figura 4. P_{EB} pode ser alimentado através do circuito de controle, que pode ser um controlador PI com antivento. O circuito de controle pode compreender circuitos amplificadores 71, 69, um divisor 66, um comparador 67, um integrador 68, circuitos eletrônicos 72, 70. Além disso, um limitador de taxa 73 e um circuito de controle dinâmico de saturação 74 pode ser incluído. O circuito de controle dinâmico de saturação 74 pode ser influenciado através de uma entrada para um limite de energia superior P_{UL} e um limite de energia inferior P_{LL}. O circuito de controle 65 finalmente determina a energia de carga P_B para a bateria. O limite de energia superior P_{UL} e o limite de energia inferior P_{LL} podem ser dependentes, por exemplo, dependente da demanda de energia de um operador do sistema de transmissão, preço de mercado, eventos de frequência, etc. O valor mais alto destes limites pode ser a energia máxima de carga limite, que estabelece quanto fluxo de energia a bateria pode tolerar durante a carregar/descarregar.

A figura 6 mostra uma estratégia para evitar a sobrecarga da bateria. A energia de carga P_B é monitorada e integrada com um integrador 75 para obter uma quantidade de energia armazenada. O integrador monitora e

ainda recebe um sinal S_D, quando a energia do elemento de armazenamento de energia é alimentada na grade externa, a bateria é descarregada. Se uma quantidade de energia armazenada ultrapassa o nível máximo de energia 76 a bateria pode armazenar, o comparador 77 emite um sinal S_{sc} que a carga deve ser parada.

A figura 7 mostra uma visão geral esquemática de uma modalidade exemplar de um parque eólico 78 de acordo com a invenção. Comparável à modalidade descrita na figura 2 as turbinas eólicas 79, 80, 81 compreendem uma turbina eólica geradora 82, 83, 84, um transformador da turbina eólica 85, 86, 87, e são conectadas a um ponto de acoplamento comum 88 através dos cabos 89, 90, 91 com as impedâncias 92, 93, 94. Um elemento de armazenamento de energia 95 é conectado ao ponto de acoplamento comum 88, também. Após o ponto de acoplamento comum um transformador do parque eólico 96 é fornecido para adaptar a tensão à tensão da grade externa 97. O parque eólico 78 é conectado à grade externa 97 através de um compensador de potência reativa 98. O elemento de armazenamento de energia 95 compreende uma bateria 99, um restaurador de tensão dinâmica 100, um conversor 101 para converter a corrente alternativa em corrente direta um filtro 102, um interruptor de desvio 107 e um transformador de injeção 106. A indutividade 103 e a capacidade 104 do filtro 102 suavizam a corrente alternativa fornecida pelo conversor 101. Isto pode ser obtido pela remoção dos componentes harmônicos de ordem mais alta desnecessários gerados pelo conversor 101. O interruptor de desvio 107 permite o desacoplamento do elemento de armazenamento de energia 95 do ponto de acoplamento comum 88. Isto pode proteger o elemento de armazenamento de energia 95 no caso de falhas de grade. Uma capacidade 105 pode impedir que a bateria 99 está sujeita à corrente alternada. O controlador do parque eólico 108 através do sinal 111 pode controlar o restaurador de tensão dinâmica 100. O controlador do parque eólico 108 pode medir a tensão, frequência, potência ativa e/ou potência reativa antes e/ou depois do transformador do parque eólico 96. Com base nos parâmetros o controlador do parque eólico 108 pode controlar as turbinas eólicas 79, 80, 81 e o elemento de

armazenamento de energia 95, em particular o restaurador de tensão dinâmica 100, através dos sinais de controle 109, 110, 111. O restaurador de tensão dinâmica 100 influência o conversor 101 e a bateria 99 de forma que o elemento de armazenamento de energia 95 injete energia no ponto de acoplamento comum 88, que tem uma frequência e tensão predeterminadas bem como partes reativas e ativas predeterminadas. A capacidade de compensação máxima do restaurador de tensão dinâmica 100 pode ser dependente de uma quantidade de potência ativa, que pode ser fornecida pela bateria. O conversor 101 pode ser um inversor da fonte de tensão de modulação por largura de pulso. O inversor da fonte de tensão de modulação por largura de pulso pode ser o mesmo usado nas turbinas eólicas. O lado de alta-tensão do transformador de injeção 106 pode ser conectado em série com a linha de distribuição que conecta o ponto de acoplamento comum 88 com o transformador do parque eólico 96, enquanto o lado de baixa tensão do transformador de injeção 106 pode ser conectado a outros componentes do dispositivo de armazenamento de energia 95. Para um restaurador trifásico de tensão dinâmica 100, três transformadores de injeção de tensão de fase única 106 ou transformador de injeção de tensão trifásico 106 pode ser conectado a linha de distribuição. Para um restaurador de tensão dinâmica de fase única 100 um transformador de injeção de tensão de única fase 106 pode ser suficiente. Para um restaurador trifásico de tensão dinâmica 100 um transformador de injeção de tensão trifásico 106 em qualquer configuração delta/aberta ou star/aberta pode ser usado. O transformador de injeção 106 pode aumentar a tensão fornecida pela saída filtrada do conversor 101 a um nível desejado ao mesmo tempo em que isola o dispositivo de armazenamento de energia 95 dos outros componentes do parque eólico 78.

O controlador do parque eólico pode detectar quedas na tensão e distribuir os sinais de controle 111 ao elemento de armazenamento de energia 95. Um cenário típico de tensão é mostrado na figura 8. O gráfico superior da figura 8 mostra a tensão na grade externa, por exemplo, a grade externa 97 mostrada na figura 7. No caso de um parque oceanográfico a tensão 114 pode ser medida, por exemplo, no ponto de conexão da conti-

nente. No caso das quedas de tensão o restaurador de tensão dinâmica 100 pode receber sinais 111 do controlador do parque eólico 108 de forma que o dispositivo de armazenamento de energia 95 estabelece a tensão requerida 113 conforme mostrado no gráfico intermediário da figura 8. A tensão no ponto de acoplamento comum 88 mostrado no gráfico inferior da figura 8 atingiria a soma 112 destas tensões. A figura 9 mostra uma visualização destes potenciais.

A figura 10 mostra um cenário de tensão exemplar onde a tensão de duas fases é mais alta do que a avaliada (ver diagrama superior). Com o restaurador de tensão dinâmica 100 a tensão destas duas fases pode ser reduzida por uma quantidade mostrada no diagrama intermediário de forma que finalmente todas as três fases tenham a tensão avaliada conforme mostrado no diagrama abaixo.

De acordo com algumas modalidades da invenção, um único elemento de armazenamento de energia pode ser conectado ao ponto de acoplamento comum. Entretanto, de acordo com outras modalidades, uma pluralidade de elementos de armazenamento de energia pode ser fornecida. Estes elementos de armazenamento de energia podem ainda ser incluídos nas turbinas eólicas individuais.

A figura 11 mostra uma modalidade exemplar de um parque eólico 115 com dois elementos de armazenamento de energia 138, 137. Os elementos de armazenamento de energia são incluídos nas turbinas eólicas 118, 119 das quatro turbinas eólicas 116, 117, 118, 119. Cada parque eólico compreende um gerador 120, 121, 122, 123, um transformador do parque eólico 124, 125, 126, 127 e é conectado através dos cabos 128, 129, 130, 131 tendo uma impedância 133, 134, 135, 136 a um ponto de acoplamento comum 132. Os elementos de armazenamento de energia 138, 137 compreendem uma bateria 142, um circuito de controle 143, um conversor 144, um filtro 145 e um transformador de injeção 146. Os circuitos de controle 143 são controlados através do sinal 150, 30 149 do controlador do parque eólico 151, que ainda controla as turbinas eólicas 116, 117, 118, 119 através dos sinais de controle 147, 148 com base nos valores medem antes e/ou depois

do transformador do parque eólico 139. O parque eólico 115 é conectado a uma grade externa 140 através de um compensador de potência reativa 141.

Deve ser observado que o termo "compreendendo" não exclui outros elementos ou etapas e o uso dos artigos "um" ou "uma" não exclui uma pluralidade. Ainda, os elementos descritos em associação com diferentes modalidades podem ser combinados. Também deve ser observado que os sinais de referência nas reivindicações não devem ser criados como limitativos do escopo das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um parque eólico, o parque eólico compreendendo

uma turbina eólica, e

um dispositivo de armazenamento de energia,

o parque eólico sendo conectado a uma grade externa,

o método compreendendo

determinar uma potência ativa requerida,

determinar uma potência reativa requerida,

determinar uma produção de energia da turbina eólica, e

carregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver acima da potência ativa requerida, a potência reativa requerida, ou a soma do vetor da potência ativa requerida e da potência reativa requerida.

2. Método para operar um parque eólico, de acordo com a reivindicação 1, o método ainda compreendendo

descarregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver abaixo da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida.

3. Método para operar um parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, o método ainda compreendendo

reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima de uma produção de energia avaliada da turbina eólica.

4. Método para operar um parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, o método ainda compreendendo

reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e uma potência de carga avaliada do dispositivo de armazenamento de energia.

5. Método para operar um parque eólico, de acordo com qual-

quer uma das reivindicações anteriores, o método ainda compreendendo

reduzir a produção de energia, quando a produção de energia estiver acima da soma da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida e quando ainda o dispositivo de armazenamento de energia estiver cheio.

6. Método para operar um parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, o método ainda compreendendo

Determinar a tensão da grade externa, e fornecer tensão de correção através do dispositivo de armazenamento de energia, quando a tensão da grade externa diferir de uma tensão predeterminada da grade externa.

7. Controlador do parque eólico sendo adaptado para operar um parque eólico de acordo com um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6.

8. Controlador do parque eólico, de acordo com a reivindicação 7, o controlador do parque eólico ainda compreendendo

uma memória para armazenar os dados indicativos da quantidade de energia armazenada dentro do elemento de armazenamento de energia.

9. Parque eólico compreendendo uma turbina eólica,

um elemento de armazenamento de energia, e

um controlador do parque eólico, como definido na reivindicação 7 ou 8.

10. Parque eólico, de acordo com a reivindicação 13, o elemento de armazenamento de energia compreendendo

uma bateria e/ou uma roda volante e/ou um armazenamento de energia magnética supercondutora.

11. Parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, o elemento de armazenamento de energia compreendendo

um restaurador de tensão dinâmica.

12. Parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções anteriores, o elemento de armazenamento de energia compreendendo um interruptor de desvio.

13. Parque eólico, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, o elemento de armazenamento de energia compreendendo um transformador de injeção.

14. Elemento de programa para operar um parque eólico, o elemento de programa, quando executado por um processador de dados, é adaptado para controlar e/ou realizar o método, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6.

15. Meio legível por computador onde é armazenado um programa de computador para processar um objeto físico, o programa de computador, quando executado por um processador de dados, é adaptado para controlar e/ou realizar o método, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6.

FIG 1

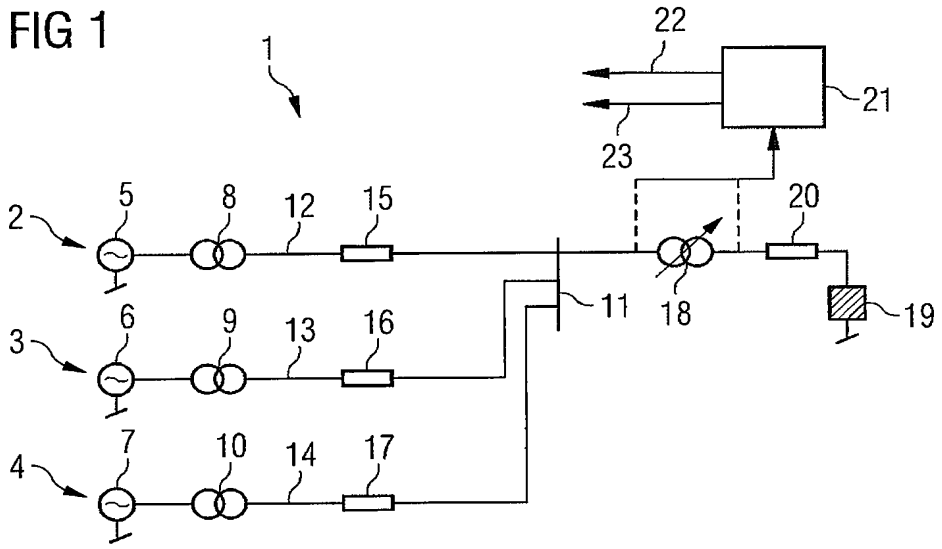

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

FIG 2

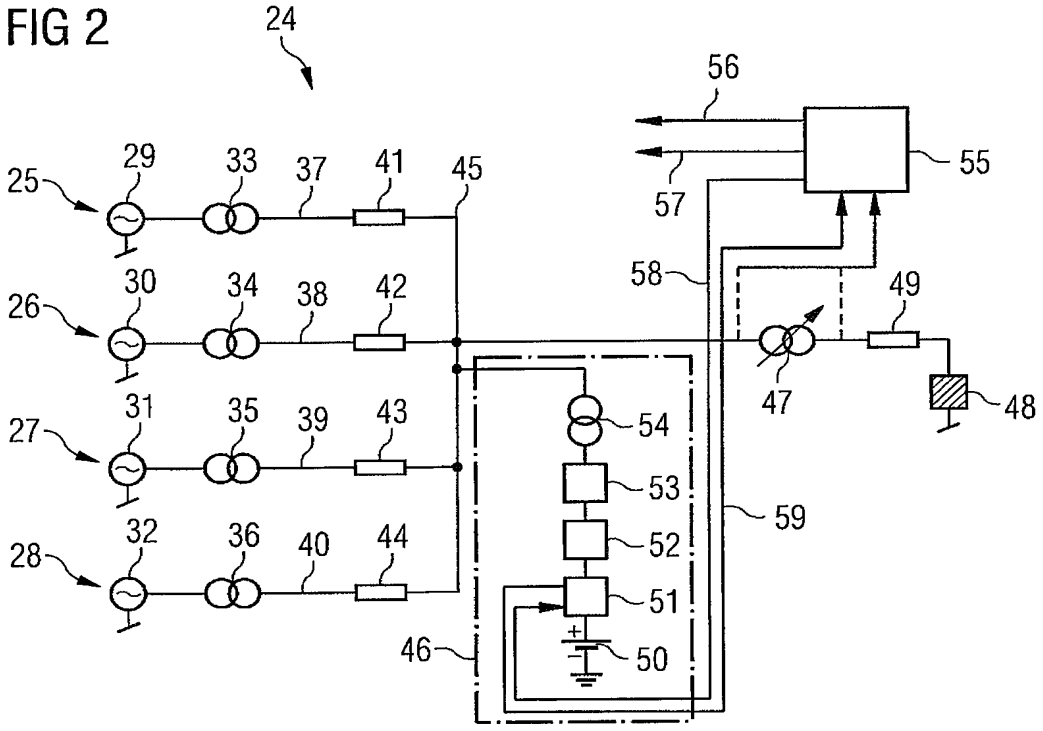

24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59

FIG 3

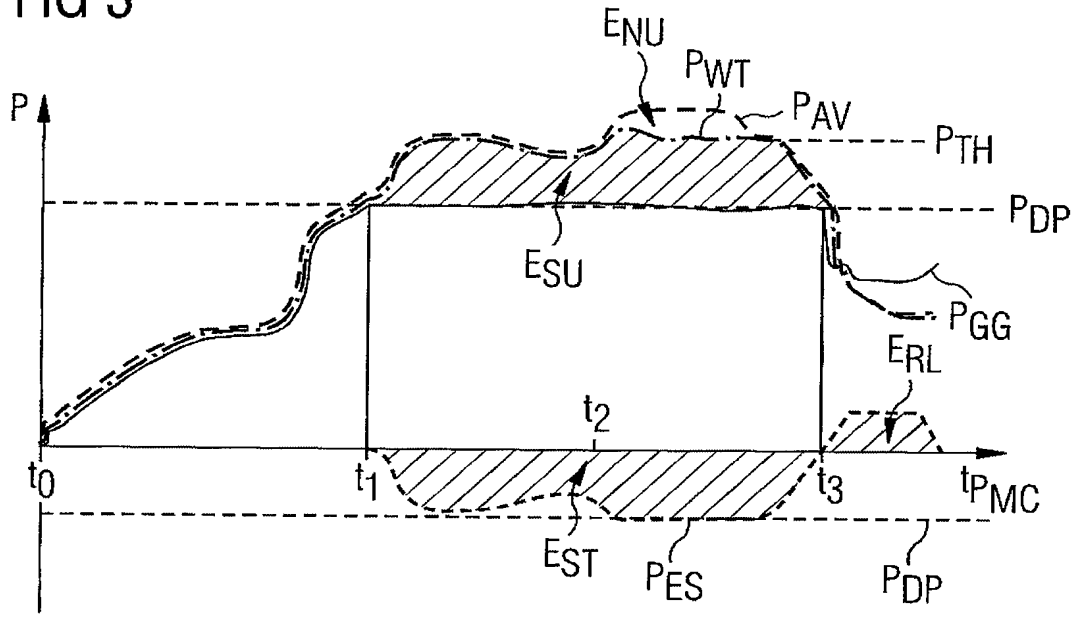

P
E_{NU}
P_{WT}
P_{AV}
P_{TH}
P_{DP}
E_{SU}
P_{GG}
E_{RL}
t_2
t_0
t_1
t_3
tP_{MC}
E_{ST}
P_{ES}
P_{DP}

FIG 4

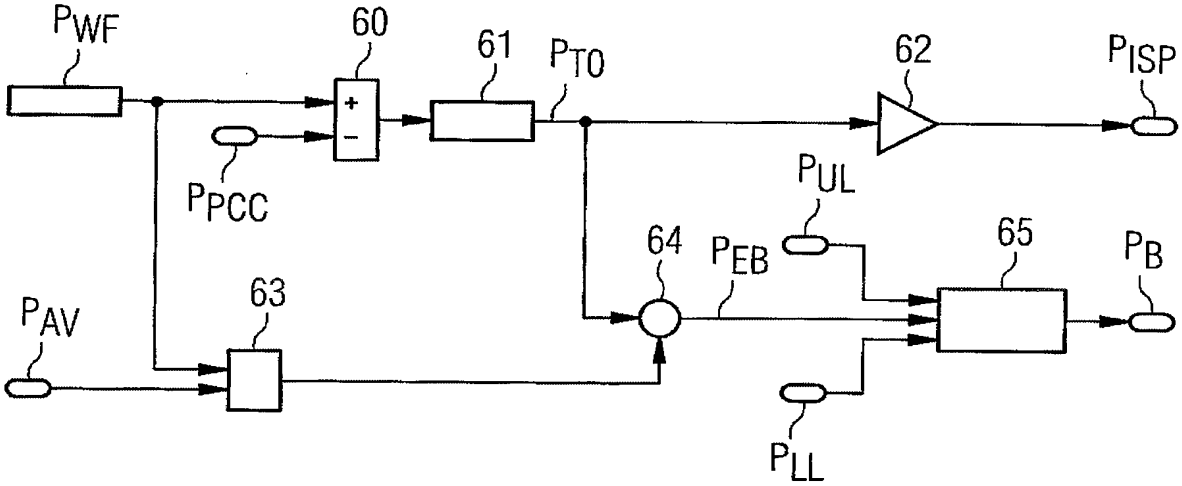

P_{WF}
60
61
P_{TO}
62
P_{ISP}
P_{PCC}
P_{UL}
64
P_{EB}
65
P_B
P_{AV}
63
P_{LL}

FIG 5

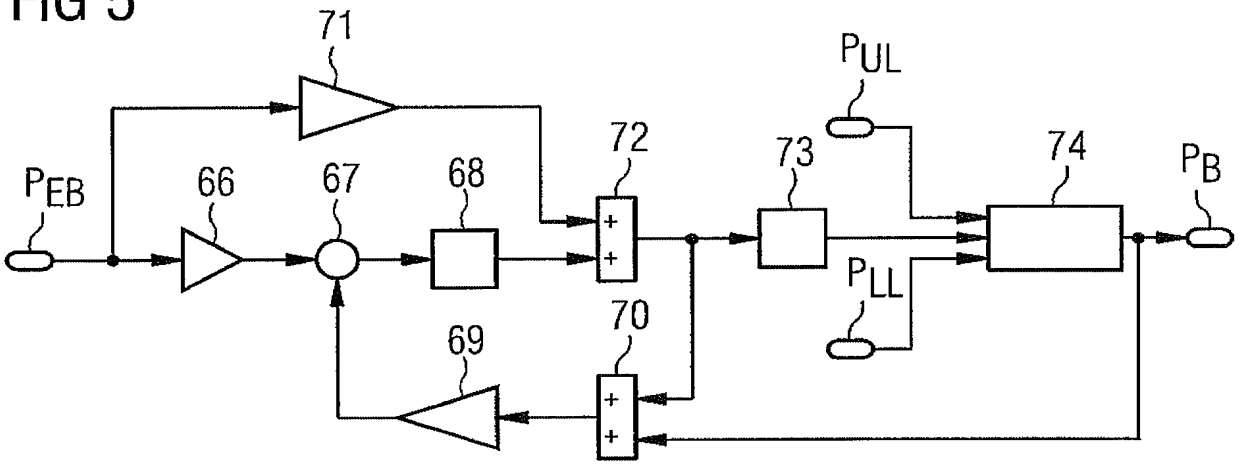


FIG 6

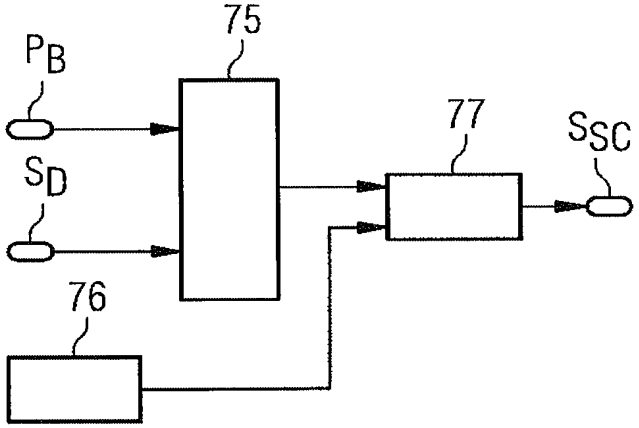


FIG 7

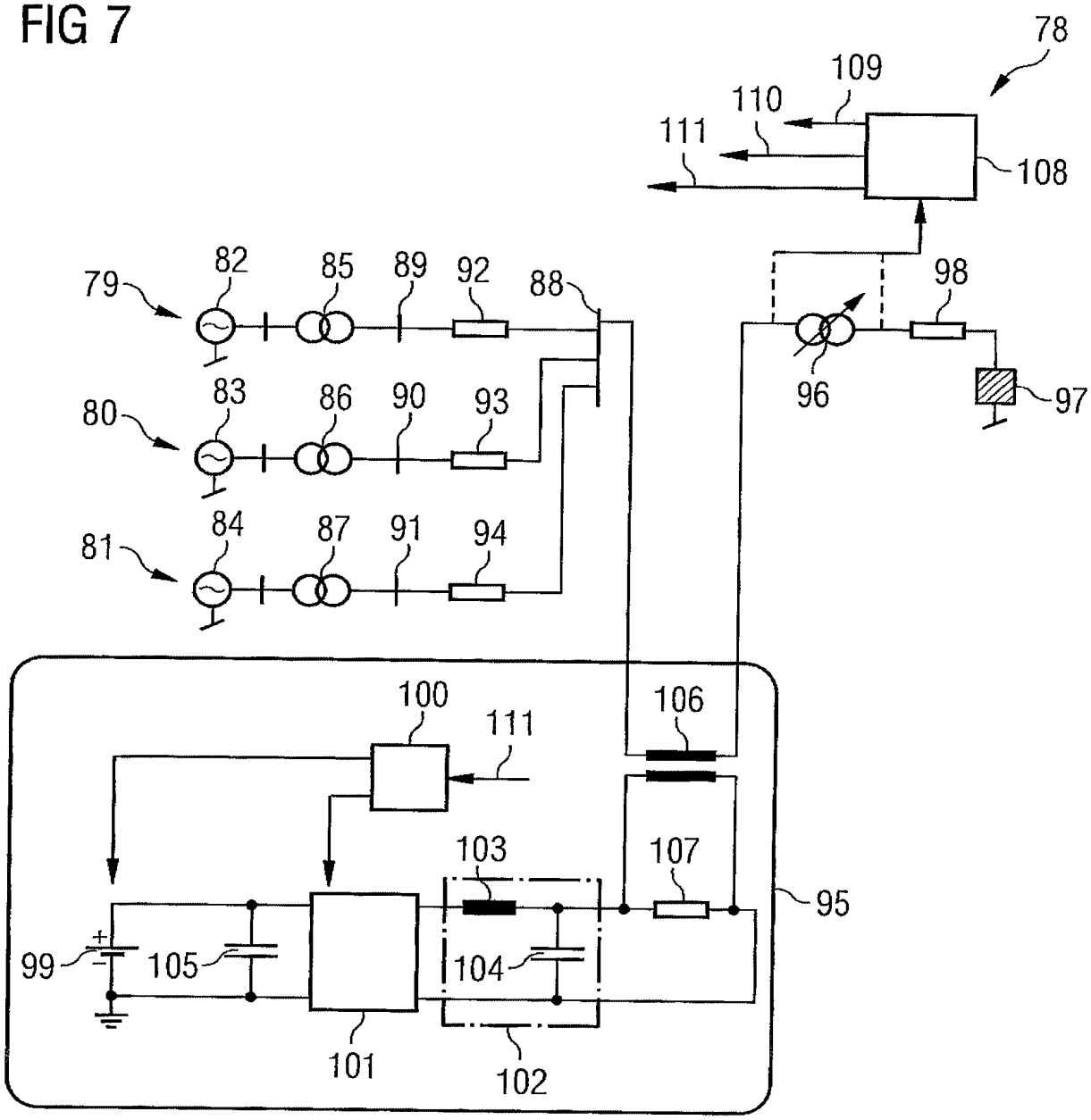

78
109
110
111
108
79
82
85
89
92
88
98
96
97
80
83
86
90
93
81
84
87
91
94
100
111
106
103
107
95
99
105
104
101
102

FIG 8

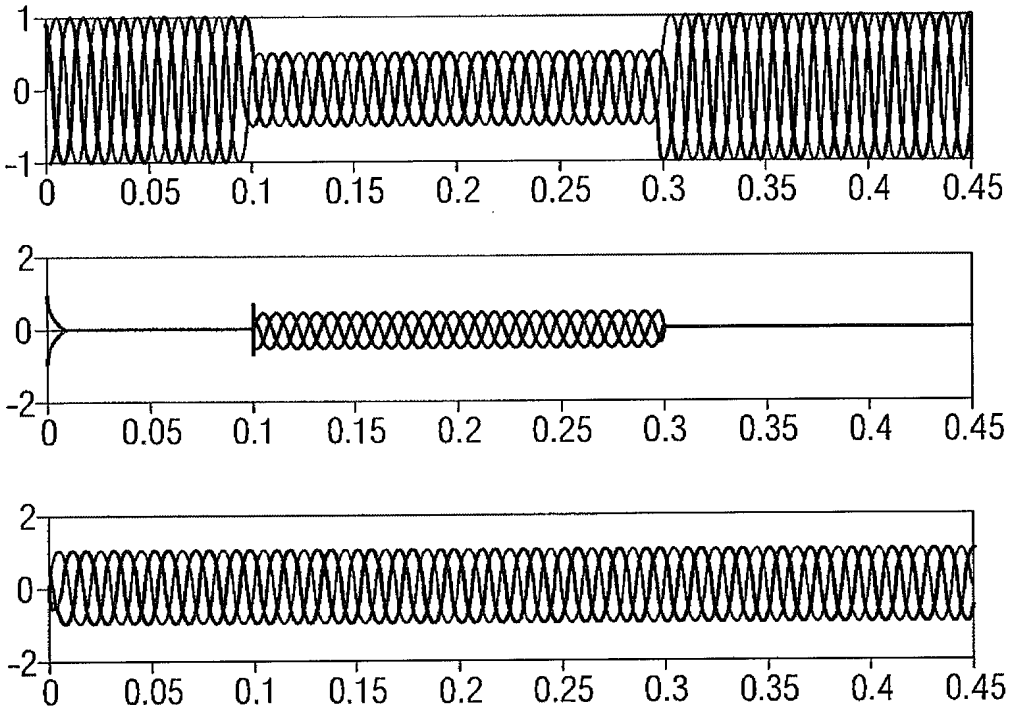

1
0
-1
0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45
2
0
-2
0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45
2
0
-2
0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45

FIG 9

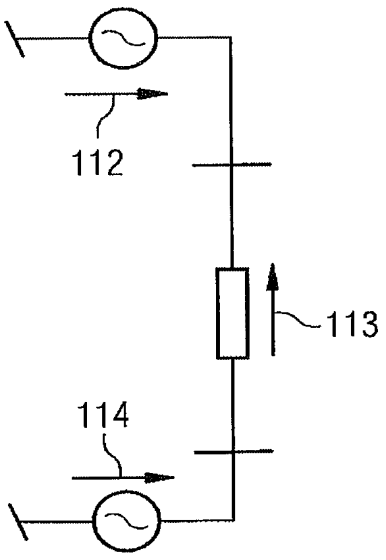

112
113
114

FIG 10

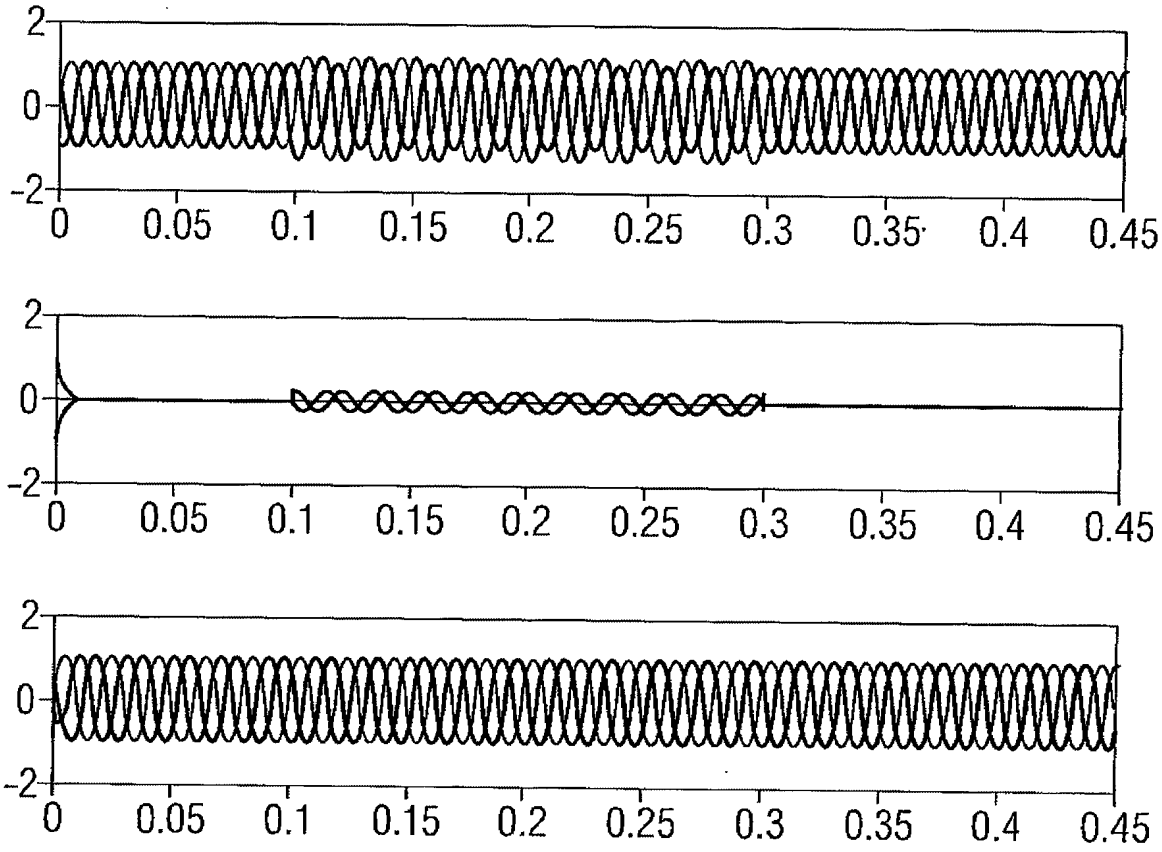
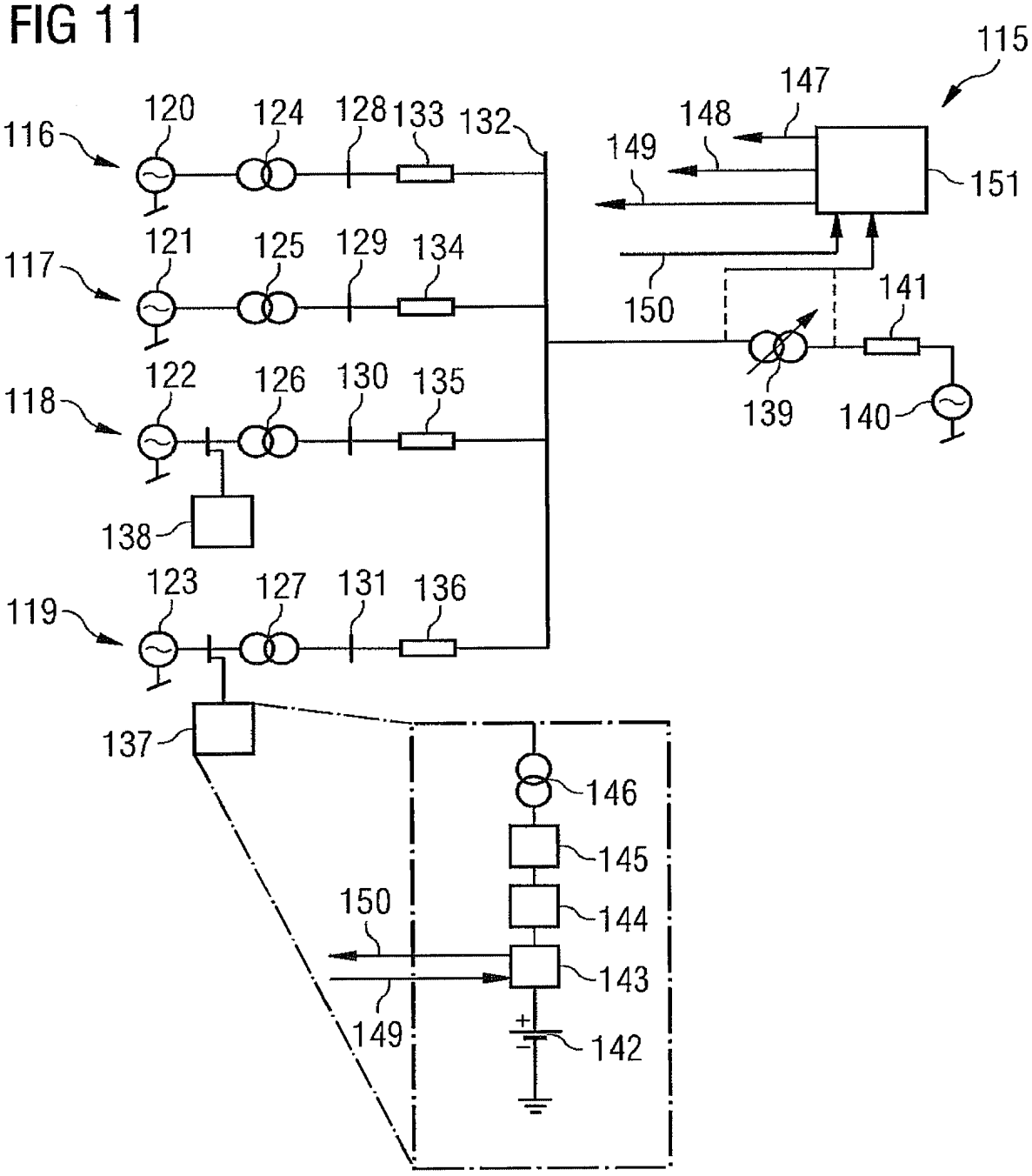

2
0
-2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
2
0
-2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
2
0
-2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45

FIG 11


115
147
148
149
151
120
124
128
133
132
116
121
125
129
134
117
150
141
122
126
130
135
118
139
140
138
123
127
131
136
119
137
146
145
150
144
143
149
142

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA OPERAR UM PARQUE EÓLICO, CONTROLADOR DO PARQUE EÓLICO E PARQUE EÓLICO".**

A invenção refere-se a um método para operar um parque eólico, o parque eólico compreendendo uma turbina eólica, e um dispositivo de armazenamento de energia, o parque eólico sendo conectado a uma grade externa, o método compreendendo determinar uma potência ativa requerida, determinar uma potência reativa requerida, determinar a produção de energia da turbina eólica, e carregar o dispositivo de armazenamento de energia, quando a produção de energia estiver acima da potência ativa requerida, da potência reativa requerida, ou da soma do vetor de potência ativa requerida e da potência reativa requerida. Além disso, os controladores do parque eólico correspondentes, os parques eólicos, os elementos de programa, e os meios legíveis por computador são assunto da presente invenção.