

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 794**

51 Int. Cl.:

H02J 3/16 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2011 E 11182016 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2573895**

54 Título: **Método para hacer funcionar una granja eólica, controlador de granja eólica y granja eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**EGEDAL, PER y
KUMAR, SATHEES**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 448 794 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para hacer funcionar una granja eólica, controlador de granja eólica y granja eólica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de generación de potencia mediante turbinas eólicas.

Antecedentes de la técnica

10 Las centrales eléctricas habituales que funcionan con energía nuclear o por combustión van a sustituirse por fuentes de energía renovable tales como granjas eólicas, estaciones de energía solar y granjas de olas por ejemplo. En particular, las turbinas eólicas están haciéndose cada vez más populares para la generación de energía verde. La energía cinética del viento se convierte a energía rotacional de un rotor de turbina eólica mediante las palas de rotor de turbina eólica y de ahí a energía eléctrica mediante un generador.

15 Uno de los principales retos asociados a la sustitución de centrales eléctricas convencionales por fuentes de energía renovable es suministrar la potencia en el momento en el que los consumidores la demandan realmente. Las centrales eléctricas convencionales pueden simplemente quemar más (menos) combustible cuando la demanda aumenta (disminuye).

20 Sin embargo, la potencia que suministran las fuentes de energía renovable no puede regularse de un modo tan fácil. La cantidad de viento, por ejemplo, puede ser la misma a lo largo de un día entero. Sin embargo, la demanda de potencia puede variar durante el día, en particular puede ser más alta al mediodía para cocinar. Además, incluso puede que no haya viento en absoluto. Las estaciones de energía solar, por otro lado, sólo pueden proporcionar energía durante el día y no cuando se necesita para iluminación.

25 Los documentos US 7 908 036 B2 y US 2010/0138058 A1 describen granjas eólicas, grupos de varias turbinas eólicas en una ubicación, que se hacen funcionar basándose en "tasas de rampa", es decir la tasa de cambio en la producción de potencia que puede proporcionar una turbina eólica en funcionamiento normal.

30 El documento WO 2004/059814 A2 describe una interfaz de control de potencia entre una fuente de energía inestable tal como una granja eólica y una línea de transmisión de potencia. La interfaz de control de potencia emplea un acumulador de energía eléctrica, un sistema de control y un módulo de compensación electrónico que actúan en conjunto como un "amortiguador electrónico" para acumular la potencia en exceso durante periodos de generación de potencia aumentada y liberar energía acumulada durante periodos de generación de potencia disminuida debido a fluctuaciones del viento. El acumulador de energía eléctrica puede proporcionar potencia activa o reactiva a la red.

35 Sin embargo, puede existir la necesidad de un método para hacer funcionar una granja eólica y una granja eólica, que proporcione soporte adicional, en particular en cuanto a soporte de potencia reactiva y soporte de tensión, para una red externa.

Sumario de la invención

40 Esta necesidad puede satisfacerse mediante el objeto según las reivindicaciones independientes. Se describen realizaciones ventajosas de la presente invención mediante las reivindicaciones dependientes.

45 Según un primer aspecto de la invención se proporciona un método para hacer funcionar una granja eólica, comprendiendo la granja eólica una turbina eólica, y un dispositivo de acumulación de energía, estando conectada la granja eólica a una red externa, comprendiendo el método determinar una potencia activa demandada, determinar una potencia reactiva demandada, determinar la producción de potencia de la turbina eólica, y cargar el dispositivo de acumulación de energía cuando la producción de potencia está por encima de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada.

50 Según una primera realización del método para hacer funcionar una granja eólica, el método comprende además descargar el dispositivo de acumulación de energía cuando la producción de potencia está por debajo de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada.

55 Descargar el dispositivo de acumulación de energía puede permitir por tanto que la granja eólica cumpla mejor con los requisitos externos. La cantidad de estaciones de energía convencionales de reserva puede reducirse ya que en situaciones de poco viento el dispositivo de acumulación de energía puede proporcionar potencia adicional.

60 Según otra realización del método para hacer funcionar una granja eólica, el método comprende además reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de una producción de potencia asignada

de la turbina eólica.

5 Reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de una producción de potencia asignada de la turbina eólica puede reducir las cargas que experimenta la turbina eólica y puede por consiguiente prolongar la vida útil de la turbina eólica.

10 Según todavía otra realización del método para hacer funcionar una granja eólica, el método comprende además reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada, la suma vectorial de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada y una potencia de carga asignada del dispositivo de acumulación de energía.

15 Reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada, la suma vectorial de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada y la potencia de carga asignada del dispositivo de acumulación de energía puede mejorar la vida útil del dispositivo de acumulación de energía.

20 Según una realización adicional del método para hacer funcionar una granja eólica, el método comprende además reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada y cuando además el dispositivo de acumulación de energía está lleno.

25 La sobrecarga del dispositivo de acumulación de energía puede dar como resultado en el sobrecalentamiento del dispositivo de acumulación de energía. Reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de potencia activa demandada y potencia reactiva demandada y cuando además el dispositivo de acumulación de energía está lleno puede por tanto evitar dañar el dispositivo de acumulación de energía.

30 Según una realización aún adicional del método para hacer funcionar una granja eólica, el método comprende además determinar la tensión de red externa y proporcionar una tensión de corrección a través del dispositivo de acumulación de energía cuando la tensión de red externa difiere de una tensión de red externa predeterminada.

35 Determinar la tensión de red externa y proporcionar tensión de corrección a través del dispositivo de acumulación de energía cuando la tensión de red externa difiere de una tensión de red externa predeterminada puede reducir las fluctuaciones de tensión que experimentan los consumidores conectados a través de la tensión de red externa.

Según un segundo aspecto de la invención se proporciona un controlador de granja eólica, estando adaptado el controlador de granja eólica para hacer funcionar una granja eólica según un método tal como se expuso anteriormente.

40 El método tal como se expuso anteriormente en el presente documento puede implementarse con un controlador de granja eólica de manera que la interferencia manual por parte del personal puede reducirse a un mínimo o prescindirse de la misma.

45 Según una realización del controlador de granja eólica, el controlador de granja eólica comprende una memoria para almacenar datos indicativos de la cantidad de energía acumulada dentro del elemento de acumulación de energía.

50 Información sobre la cantidad de energía acumulada dentro del elemento de acumulación de energía puede ayudar a decidir cuándo debe reducirse la producción de potencia para evitar la sobrecarga del elemento de acumulación de energía. Además, tal información puede ser útil para decidir si la granja eólica puede y debe proporcionar potencia adicional cuando los precios de mercado para la potencia son particularmente altos.

55 Según un tercer aspecto de la invención se proporciona una granja eólica que comprende una turbina eólica, un elemento de acumulación de energía y un controlador de granja eólica tal como se expuso anteriormente. Tal granja eólica puede ser más rentable ya que puede captar más energía del viento que una granja eólica sin un elemento de acumulación de energía.

Según una primera realización de la granja eólica, el elemento de acumulación de energía comprende una batería y/o un volante de inercia y/o un acumulador de energía magnético superconductor.

60 En el estado de la técnica se han descrito varios métodos para acumular energía. Las baterías tienen la ventaja de haberse investigado intensamente y la influencia de las condiciones de funcionamiento sobre la vida útil se conocen bien. Los volantes de inercia pueden proporcionar potencias particularmente altas durante un corto periodo de tiempo sin comprometer la vida útil. Los acumuladores de energía magnéticos superconductores pueden tener una baja autodescarga.

65 Según otra realización de la granja eólica, el elemento de acumulación de energía comprende un restaurador de

tensión dinámico. Un restaurador de tensión dinámico puede usarse para mantener la tensión dentro de la granja eólica esencialmente constante en caso de una caída de tensión de la red externa.

5 Según todavía otra realización de la granja eólica, el elemento de acumulación de energía comprende un conmutador de derivación. Un conmutador de derivación puede usarse para desacoplar el elemento de acumulación de energía de una red de granja eólica. Esto puede ser útil para evitar que fallos de red, por ejemplo picos de tensión, puedan dañar el elemento de acumulación de energía, en particular una batería o un acumulador de energía magnético superconductor de la misma.

10 Según una realización adicional de la granja eólica, el elemento de acumulación de energía comprende un transformador de inyección. Un transformador de inyección puede proporcionar aislamiento galvánico del elemento de acumulación de energía de una red de granja eólica. Además, un transformador de inyección puede permitir el funcionamiento del elemento de acumulación de energía con una tensión más baja. Los componentes de potencia asignados para una tensión más baja pueden ser más económicos.

15 Según un cuarto aspecto se proporciona un elemento de programa para hacer funcionar una turbina eólica, el elemento de programa, cuando se ejecuta mediante un procesador de datos, está adaptado para controlar y/o para llevar a cabo un método tal como se expuso anteriormente.

20 El elemento de programa puede implementarse como un código de instrucciones legible por ordenador en cualquier lenguaje de programación adecuado, tal como, por ejemplo, JAVA, C++, y puede almacenarse en un medio legible por ordenador (disco extraíble, memoria volátil o no volátil, procesador/memoria integrado, etc.). El código de instrucción puede hacerse funcionar para programar un ordenador o cualquier otro dispositivo programable para llevar a cabo las funciones previstas. El elemento de programa puede estar disponible desde una red, tal como la
25 *World Wide Web*, desde la que puede descargarse.

Según un quinto aspecto se proporciona un medio legible por ordenador en el que hay almacenado un programa informático para procesar un objeto físico, el programa informático, cuando se ejecuta mediante un procesador de datos, está adaptado para controlar y/o para llevar a cabo un método tal como se expuso anteriormente.

30 El medio legible por ordenador puede ser legible por un ordenador o un procesador. El medio legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero sin limitarse a, un medio de transmisión, dispositivo o sistema eléctrico, magnético, óptico, infrarrojo o semiconductor. El medio legible por ordenador puede incluir al menos uno de los siguientes medios: un medio distribuible por ordenador, un medio de almacenamiento de programa, un medio de grabación,
35 una memoria legible por ordenador, una memoria de acceso aleatorio, una memoria de sólo lectura programable borrable, un paquete de distribución de software legible por ordenador, una señal legible por ordenador, una señal de telecomunicaciones legible por ordenador, material impreso legible por ordenador y un paquete de software comprimido legible por ordenador.

40 Debe observarse que se han descrito realizaciones de la invención con referencia a diferentes objetos. En particular, se han descrito algunas realizaciones con referencia a reivindicaciones de método mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de aparato. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá de la descripción anterior y siguiente que, a menos que se notifique lo contrario, además de cualquier combinación de características que pertenezcan a un tipo de objeto también se considera que este documento se da a conocer
45 cualquier combinación entre características referentes a diferentes objetos, en particular entre características de las reivindicaciones de método y características de las reivindicaciones de aparato.

Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención resultan evidentes a partir de los ejemplos de realización que se describen a continuación en el presente documento y se explican con referencia a los ejemplos de realización. A continuación en el presente documento se describirá la invención con más detalle con referencia a ejemplos de realización pero a los cuales no se limita la invención.

Breve descripción del dibujo

55 La figura 1 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja eólica según el estado de la técnica.

La figura 2 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja eólica según la invención.

60 La figura 3 ilustra una realización a modo de ejemplo de un método para hacer funcionar una granja eólica según la invención.

La figura 4 ilustra una estrategia de control a modo de ejemplo para una granja eólica a modo de ejemplo según la invención.

65

- La figura 5 muestra una realización a modo de ejemplo de un circuito de control.
- La figura 6 muestra una estrategia de detención de carga a modo de ejemplo.
- 5 La figura 7 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja eólica según la invención.
- La figura 8 muestra una situación de tensión a modo de ejemplo.
- 10 La figura 9 muestra una visualización de potenciales.
- La figura 10 muestra una situación de tensión a modo de ejemplo.
- La figura 11 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja eólica según la invención.
- 15

Descripción detallada

- La ilustración en el dibujo es esquemática.
- 20
- La figura 1 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja 1 eólica según el estado de la técnica. La granja 1 eólica comprende una primera turbina 2 eólica, una segunda turbina 3 eólica y una tercera turbina 4 eólica. Los aerogeneradores 5, 6, 7 de las turbinas 2, 3, 4 eólicas respectivas están conectados al lado de baja tensión de transformadores 8, 9, 10 de turbina eólica correspondientes. La potencia transformada se guía desde el lado de media tensión del transformador 8, 9, 10 de turbina eólica respectivo hasta un punto 11 de acoplamiento común a través de cables 12, 13, 14 con impedancias 15, 16, 17 respectivamente. Después del punto de acoplamiento común la potencia se transforma adicionalmente a una tensión todavía más alta a través del transformador 18 de granja eólica. La potencia se alimenta entonces a una red 19 externa a través de un compensador 20 de potencia reactiva. Un controlador 21 de granja eólica monitoriza la tensión, frecuencia, potencia activa y potencia reactiva antes y/o después del transformador 18 de granja eólica y proporciona a las turbinas 2, 3, 4 eólicas señales 22, 23 de control. Las señales 22, 23 de control se usan para controlar la potencia que produce cada turbina 2, 3, 4 eólica y la velocidad de rotación del rotor de turbina eólica de cada turbina 2, 3, 4 eólica.
- 25
- La figura 2 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja 24 eólica según la invención con una primera turbina 25 eólica, una segunda turbina 26 eólica, una tercera turbina 27 eólica y una cuarta turbina 28 eólica. Los aerogeneradores 29, 30, 31, 32 de las turbinas 25, 26, 27, 28 eólicas respectivamente están asignados para una producción de potencia de 2,3 MW. Los transformadores de turbina eólica transforman la potencia desde 690 V hasta 33 kV. A través de cables 37, 38, 39, 40 con impedancias 41, 42, 43, 44 la potencia se guía a un punto 45 de acoplamiento común. Desde el punto 45 de acoplamiento común la potencia se guía al lado de media tensión del transformador 47 de granja eólica en el que la potencia se transforma normalmente desde 33 kV hasta 132 kV. Sin embargo, la relación de transformación puede ser variable. Esto puede mejorar la capacidad de adaptación de la granja eólica a redes 48 externas diferentes. Además, un transformador de granja eólica con una relación de transformación variable puede proporcionar un soporte de red externa mejorado en caso de fallos de red externa. Desde el lado de alta tensión del transformador 47 de granja eólica la potencia se proporciona a la red 48 externa a través de un compensador 49 de potencia reactiva. El compensador 49 de potencia reactiva en esta realización a modo de ejemplo tiene una relación reactancia a resistencia de 10. Un dispositivo 46 de acumulación de energía está acoplado al punto 45 de acoplamiento común. Sin embargo, en una realización alternativa el dispositivo 46 de acumulación de energía también puede estar acoplado al lado de alta tensión del transformador 47 de granja eólica. El dispositivo 46 de acumulación de energía comprende una batería 50, un circuito 51 de control, un convertidor 52, una unidad 53 de filtro y un transformador 54 de inyección. El circuito 51 de control controla la carga y descarga de la batería 50 con corriente continua. El convertidor 52 convierte la corriente continua en corriente alterna para proporcionarse en el punto 45 de acoplamiento común. La salida del convertidor 52 está conectada a la unidad 53 de filtro, que suaviza la corriente antes de alimentarse al transformador 45 de inyección. El transformador 54 de inyección puede ser en particular un transformador trifásico. El transformador 54 de inyección puede usarse no sólo para inyectar la corriente alterna al punto 45 de acoplamiento común, sino que también puede transformar la tensión en el lado del punto 45 de acoplamiento común a un valor más bajo en el lado de filtro 52. Esto puede permitir usar dispositivos de baja tensión para el elemento 46 de acumulación de energía. Un controlador 55 de granja eólica mide la tensión, frecuencia, potencia activa y potencia reactiva antes y/o después del transformador 47 de granja eólica. Basándose en estos parámetros el controlador 55 de granja eólica controla las turbinas 25, 26, 27, 28 eólicas y el elemento 46 de acumulación de energía, en particular el circuito 51 de control, a través de señales 56, 57, 58, 59 de control. El circuito 51 de control puede comunicarse con el controlador 55 de granja eólica bidireccional para impedir que el controlador de granja eólica lleve a cabo control de frecuencia. El controlador 55 de granja eólica puede por ejemplo determinar cuánta potencia debe extraerse del elemento 46 de acumulación de energía a través de la señal 58 de control y al mismo tiempo recibir información del circuito 51 de control acerca del nivel de energía restante de la batería 50.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

La figura 3 ilustra una realización a modo de ejemplo de un método para hacer funcionar una granja eólica según la invención. El diagrama muestra el desarrollo de la potencia disponible en vista del viento que sopla actualmente P_{AV} , la potencia activa que producen realmente las turbinas eólicas P_{WT} , la potencia activa que proporciona la granja eólica a una red externa P_{GG} y la potencia activa que acumula y libera el elemento de acumulación de energía P_{ES} frente al tiempo.

Cuando el viento comienza a soplar la turbina eólica puede usar esencialmente toda la potencia disponible P_{AV} para producir potencia activa P_{WT} . Todavía no se ha acumulado nada de energía en el elemento de acumulación de energía. Por consiguiente la potencia activa que proporciona la granja eólica a la red externa P_{GG} es igual a P_{WT} y P_{AV} . Cuando la potencia disponible P_{AV} sobrepasa en el momento t_1 la potencia activa demandada por los consumidores P_{DP} las turbinas eólicas aún pueden usar toda la potencia activa disponible P_{AV} para generar potencia activa P_{WT} . La potencia activa proporcionada a la red externa P_{GG} se reduce en la potencia activa P_{ES} usada para cargar el elemento de acumulación de energía. De este modo la energía suplementaria E_{SU} puede retenerse en el elemento de acumulación de energía como energía acumulada E_{ST} . La potencia de carga del elemento de acumulación de energía puede estar limitada por una determinada potencia umbral P_{TH} . Si la potencia disponible P_{AV} excede de la potencia activa demandada P_{DP} en una cantidad de más de P_{TH} en t_2 la potencia activa producida por las turbinas eólicas P_{WT} puede reducirse para evitar dañar el elemento de acumulación de energía. Cuando el viento disminuye y la potencia disponible P_{AV} pasa a ser menor que la potencia demandada P_{DP} puede liberarse energía E_{RL} del elemento de acumulación de energía, de manera que puede proporcionarse más potencia activa P_{GG} a la red externa. De este modo incluso en condiciones de poco viento pueden satisfacerse mejor las demandas de consumidores.

La figura 4 ilustra una estrategia de control a modo de ejemplo para una granja eólica a modo de ejemplo según la invención. Un comparador 60 compara la potencia que debe proporcionar la granja eólica P_{WF} con la potencia P_{PPC} disponible en un punto de acoplamiento común de turbinas eólicas y un elemento de acumulación de energía de la granja eólica. La diferencia de las mismas se proporciona a un controlador 61 de granja eólica, que determina una nueva potencia preferida P_{TO} que deben proporcionar las turbinas eólicas. Un divisor 62 divide el valor de esta potencia preferida P_{TO} entre el número de turbinas eólicas implicadas y se distribuyen los puntos de ajuste individuales P_{ISP} a las turbinas eólicas.

El elemento 63 monitoriza la potencia que debe proporcionar la granja eólica P_{WF} y la potencia P_{AV} que está disponible debido a la condición de viento actual. Si P_{AV} es mayor que P_{WF} el elemento 63 transmite el valor de P_{AV} al comparador 64, en el que se restará de P_{TO} . La diferencia resultante P_{EB} será negativa y por tanto el circuito 65 de control empezará a cargar la batería con una potencia positiva P_B . El circuito de control puede estar dotado de una entrada para ajustar un límite de potencia superior P_{UL} y un límite de potencia inferior P_{LL} para cargar y/o descargar la batería.

La figura 5 muestra una realización a modo de ejemplo de un circuito 65 de control, que puede usarse para la implementación tal como se describió con referencia a la figura 4. La P_{EB} puede alimentarse a través del circuito de control, que puede ser un controlador PI con anti-saturación. El circuito de control puede comprender circuitos 71, 69 amplificadores, un divisor 66, un comparador 67, un integrador 68, sumadores 72, 70. Además, pueden incluirse un limitador 73 de tasa y un circuito 74 de control dinámico de saturación. El circuito 74 de control dinámico de saturación puede verse influido a través de una entrada para un límite de potencia superior P_{UL} y un límite de potencia inferior P_{LL} . El circuito 65 de control finalmente determina la potencia de carga P_B para la batería. El límite de potencia superior P_{UL} y el límite de potencia inferior P_{LL} pueden ser dependientes de evento, por ejemplo dependientes de la demanda de potencia de un operador de sistema de transmisión, el precio de mercado, eventos de frecuencia, etc. El valor más alto de estos límites puede ser el umbral de potencia de carga máxima, que dicta cuánto flujo de potencia puede tolerar la batería durante la carga/descarga.

La figura 6 muestra una estrategia para evitar sobrecargar la batería. La potencia de carga P_B se monitoriza e integra con un integrador 75 para obtener la cantidad de energía acumulada. El integrador monitoriza y además recibe una señal S_D cuando se alimenta la potencia del elemento de acumulación de energía a la red externa, la batería se descarga. Si la cantidad de energía acumulada sobrepasa el nivel 76 de energía máximo que puede acumular la batería, el comparador 77 emite una señal S_{SC} de que debe detenerse la carga.

La figura 7 muestra una perspectiva general esquemática de una realización a modo de ejemplo de una granja eólica según la invención. De manera comparable con la realización representada en la figura 2, las turbinas 79, 80, 81 eólicas comprenden cada una un aerogenerador 82, 83, 84, un transformador 85, 86, 87 de turbina eólica y están conectadas a un punto 88 de acoplamiento común a través de cables 89, 90, 91 con impedancias 92, 93, 94. Un elemento 95 de acumulación de energía también está conectado al punto 88 de acoplamiento común. Después del punto de acoplamiento común se proporciona un transformador 96 de granja eólica para adaptar la tensión a la tensión de la red 97 externa. La granja eólica está conectada a la red 97 externa a través de un compensador 98 de potencia reactiva. El elemento 95 de acumulación de energía comprende una batería 99, un restaurador 100 de tensión dinámico, un convertidor 101 para convertir corriente alterna en corriente continua, un filtro 102, un conmutador 107 de derivación y un transformador 106 de inyección. La inductividad 103 y la capacidad 104 del filtro

102 suavizan la corriente alterna proporcionada por el convertidor 101. Esto puede conseguirse eliminando las componentes armónicas de orden superior innecesarias generadas por el convertidor 101. El conmutador 107 de derivación permite desacoplar el elemento 95 de acumulación de energía del punto 88 de acoplamiento común. Esto puede proteger el elemento 95 de acumulación de energía en caso de fallos de red. Una capacidad 105 puede impedir que la batería 99 se someta a corriente alterna. El controlador 108 de granja eólica a través de la señal 111 puede controlar el restaurador 100 de tensión dinámico. El controlador 108 de granja eólica puede medir la tensión, frecuencia, potencia activa y/o potencia reactiva antes y/o después del transformador 96 de granja eólica. Basándose en los parámetros el controlador 108 de granja eólica puede controlar las turbinas 79, 80, 81 eólicas y el elemento 95 de acumulación de energía, en particular el restaurador 100 de tensión dinámico, a través de señales 109, 110, 111 de control. El restaurador 100 de tensión dinámico influye sobre el convertidor 101 y la batería 99 de manera que el elemento 95 de acumulación de energía inyecta potencia en el punto 88 de acoplamiento común, que tiene una tensión y frecuencia predeterminadas así como partes activa y reactiva predeterminadas. La capacidad de compensación máxima del restaurador 100 de tensión dinámico puede depender de la cantidad de potencia activa que puede proporcionar la batería. El convertidor 101 puede ser un inversor de fuente de tensión modulada por anchura de pulso. El inversor de fuente de tensión modulada por anchura de pulso puede ser el mismo que se usa en turbinas eólicas. El lado de alta tensión del transformador 106 de inyección puede estar conectado en serie con la línea de distribución que conecta el punto 88 de acoplamiento común con el transformador 96 de granja eólica, mientras que el lado de baja tensión del transformador 106 de inyección puede estar conectado a los otros componentes del dispositivo 95 de acumulación de energía. Para un restaurador 100 de tensión dinámico trifásico, pueden conectarse a la línea de distribución tres transformadores 106 de inyección de tensión monofásicos o un transformador 106 de inyección de tensión trifásico. Para un restaurador 100 de tensión dinámico monofásico puede ser suficiente un transformador 106 de inyección de tensión monofásico. Para un restaurador 100 de tensión dinámico trifásico puede usarse un transformador 106 de inyección de tensión trifásico en configuración o bien de triángulo/abierto o bien de estrella/abierto. El transformador 106 de inyección puede aumentar la tensión suministrada por la salida filtrada del convertidor 101 a un nivel deseado y puede, al mismo tiempo, aislar el dispositivo 95 de acumulación de energía de los otros componentes de la granja 78 eólica.

El controlador de granja eólica puede detectar caídas de tensión y distribuir señales 111 de control al elemento 95 de acumulación de energía. En la figura 8 se muestra una situación típica de tensión. La representación gráfica superior de la figura 8 muestra la tensión en la red externa, por ejemplo la red 97 externa mostrada en la figura 7. En caso de un parque de alta mar la tensión 114 puede medirse, por ejemplo, en el punto de conexión en tierra firme. En caso de que la tensión caiga el restaurador 100 de tensión dinámico puede recibir señales 111 desde el controlador 108 de granja eólica de manera que el dispositivo 95 de acumulación de energía establece la tensión 113 requerida como se muestra en la representación gráfica intermedia de la figura 8. La tensión en el punto 88 de acoplamiento común mostrada en la representación gráfica inferior de la figura 8 equivaldrá por tanto a la suma 112 de estas tensiones. La figura 9 muestra una visualización de estos potenciales.

La figura 10 muestra una situación de tensión a modo de ejemplo en la que la tensión de dos fases es más alta que la asignada (véase el diagrama superior). Con el restaurador 100 de tensión dinámico la tensión de estas dos fases puede reducirse en una cantidad mostrada en el diagrama intermedio de manera que finalmente las tres fases tienen la tensión asignada tal como se muestra en el diagrama inferior.

Según algunas realizaciones de la invención puede conectarse un único elemento de acumulación de energía al punto de acoplamiento común. Sin embargo, según otras realizaciones puede proporcionarse una pluralidad de elementos de acumulación de energía. Estos elementos de acumulación de energía pueden incluirse además en las turbinas eólicas individuales.

La figura 11 muestra una realización a modo de ejemplo de una granja 115 eólica con dos elementos 138, 137 de acumulación de energía. Los elementos de acumulación de energía están incluidos en las turbinas 118, 119 eólicas de las cuatro turbinas 116, 117, 118, 119 eólicas. Cada granja eólica comprende un generador 120, 121, 122, 123, un transformador 124, 125, 126, 127 de granja eólica y están conectados a través de cables 128, 129, 130, 131 que tienen una impedancia 133, 134, 135, 136 a un punto 132 de acoplamiento común. Los elementos 138 137 de acumulación de energía comprenden cada uno una batería 142, un circuito 143 de control, un convertidor 144, un filtro 145 y un transformador 146 de inyección. Los circuitos 143 de control se controlan a través de la señal 150, 149 del controlador 151 de granja eólica, que además controla las turbinas 116, 117, 118, 119 eólicas a través de señales 147, 148 de control basándose en valores medidos antes y/o después del transformador 139 de granja eólica. La granja 115 eólica está conectada a una red 140 externa a través de un compensador 141 de potencia reactiva.

Debe observarse que el término "comprender" no excluye otros elementos o etapas y el uso de los artículos "un" o "una" no excluye una pluralidad. Además, pueden combinarse elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. Debe observarse también que los símbolos de referencia en las reivindicaciones no deben considerarse como limitativos del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para hacer funcionar una granja (24) eólica,
5 comprendiendo la granja eólica
una turbina (25, 26, 27, 28) eólica, y
10 un dispositivo (46) de acumulación de energía,
estando conectada la granja (24) eólica a una red (48) externa,
comprendiendo el método
15 determinar una potencia activa demandada,
determinar una potencia reactiva demandada,
20 determinar la producción de potencia de la turbina (25, 26, 27, 28) eólica, y
cargar el dispositivo (46) de acumulación de energía cuando la producción de potencia está por encima de
la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de potencia activa
demandada y potencia reactiva demandada.
- 25 2. Método para hacer funcionar una granja (24) eólica según la reivindicación anterior 1, comprendiendo el
método además
descargar el dispositivo (46) de acumulación de energía cuando la producción de potencia está por debajo
30 de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de potencia activa
demandada y potencia reactiva demandada.
3. Método para hacer funcionar una granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
comprendiendo el método además
35 reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de una producción de
potencia asignada de la turbina (25, 26, 27, 28) eólica.
4. Método para hacer funcionar una granja eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
comprendiendo el método además
40 reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de
cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada, la suma vectorial de potencia
activa demandada y potencia reactiva demandada y una potencia de carga asignada del dispositivo de
45 acumulación de energía.
5. Método para hacer funcionar una granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
comprendiendo el método además
50 reducir la producción de potencia cuando la producción de potencia está por encima de la suma de
cualquiera de la potencia activa demandada, la potencia reactiva demandada o la suma vectorial de
potencia activa demandada y potencia reactiva demandada y cuando además el dispositivo de acumulación
de energía está lleno.
6. Método para hacer funcionar una granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
comprendiendo el método además
55 determinar la tensión de red externa, y
proporcionar una tensión de corrección a través del dispositivo (46) de acumulación de energía cuando la
60 tensión de red externa difiere de una tensión de red externa predeterminada.
7. Controlador (55) de granja eólica que está adaptado para hacer funcionar una granja (24) eólica según un
método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 65 8. Controlador (55) de granja eólica según la reivindicación anterior 7, comprendiendo el controlador (55) de
granja eólica además

una memoria para almacenar datos indicativos de la cantidad de energía acumulada dentro del elemento de acumulación de energía.

- 5 9. Granja (24) eólica que comprende
una turbina (25, 26, 27, 28) eólica,
10 un elemento (46) de acumulación de energía, y
un controlador (55) de granja eólica según la reivindicación 7 u 8.
10. Granja (24) eólica según la reivindicación 9, comprendiendo el elemento (46) de acumulación de energía
15 una batería y/o un volante de inercia y/o un acumulador de energía magnético superconductor.
11. Granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, comprendiendo el elemento (46) de
acumulación de energía un restaurador (100) de tensión dinámico.
- 20 12. Granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, comprendiendo el elemento (46) de
acumulación de energía un conmutador (107) de derivación.
13. Granja (24) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, comprendiendo el elemento (46) de
25 acumulación de energía un transformador (54) de inyección.
14. Elemento de programa para hacer funcionar una granja (24) eólica, el elemento de programa, cuando se
ejecuta mediante un procesador de datos, está adaptado para controlar y/o para llevar a cabo el método
según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 30 15. Medio legible por ordenador en el que se almacena un programa informático para procesar un objeto físico,
el programa informático, cuando se ejecuta mediante un procesador de datos, está adaptado para controlar
y/o para llevar a cabo el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

FIG 1

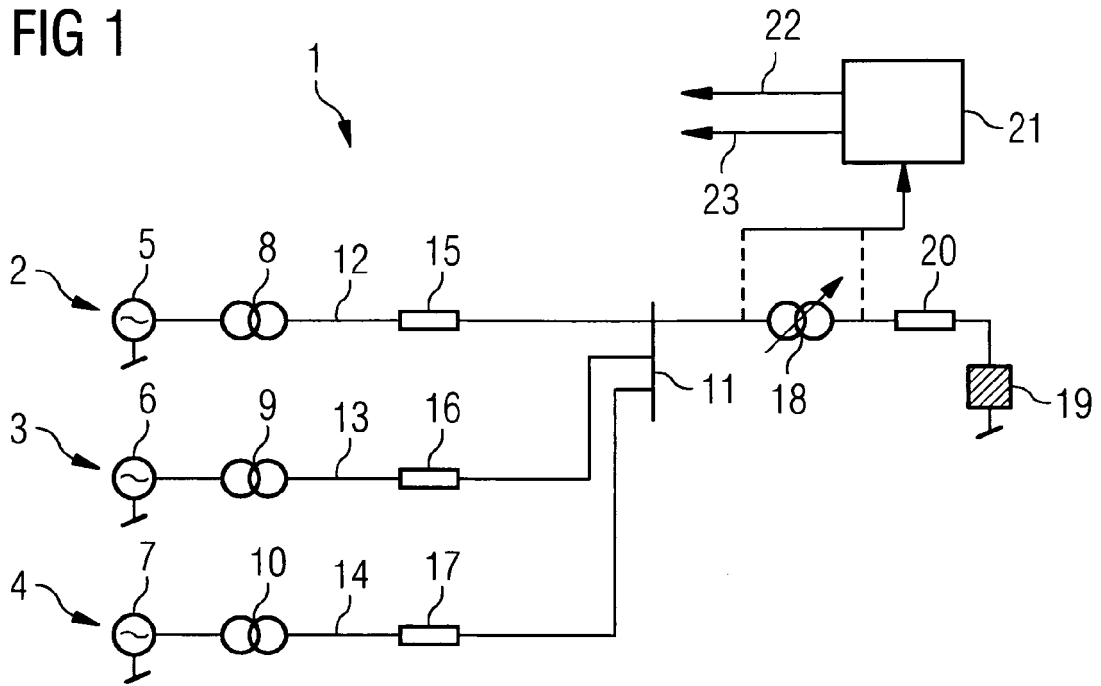


FIG 2

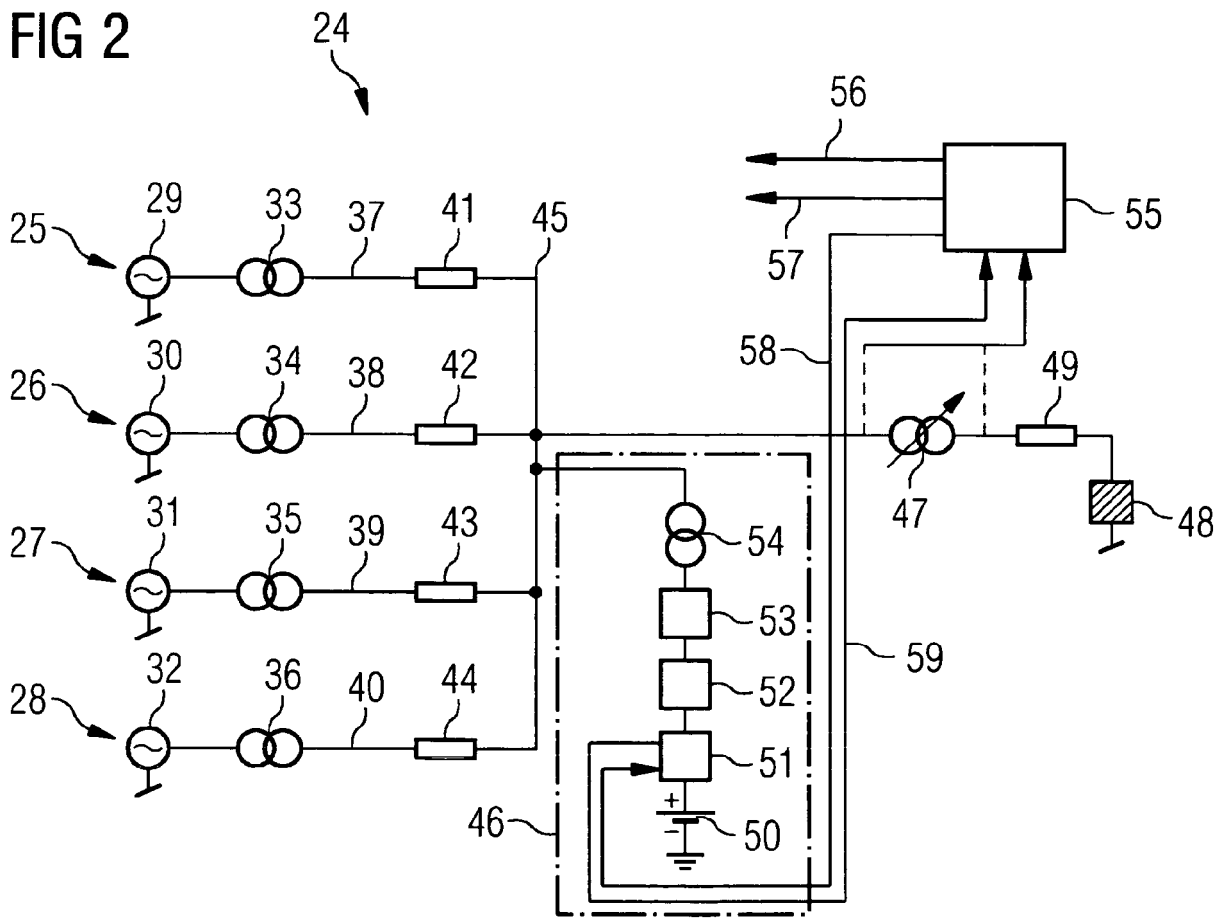


FIG 3

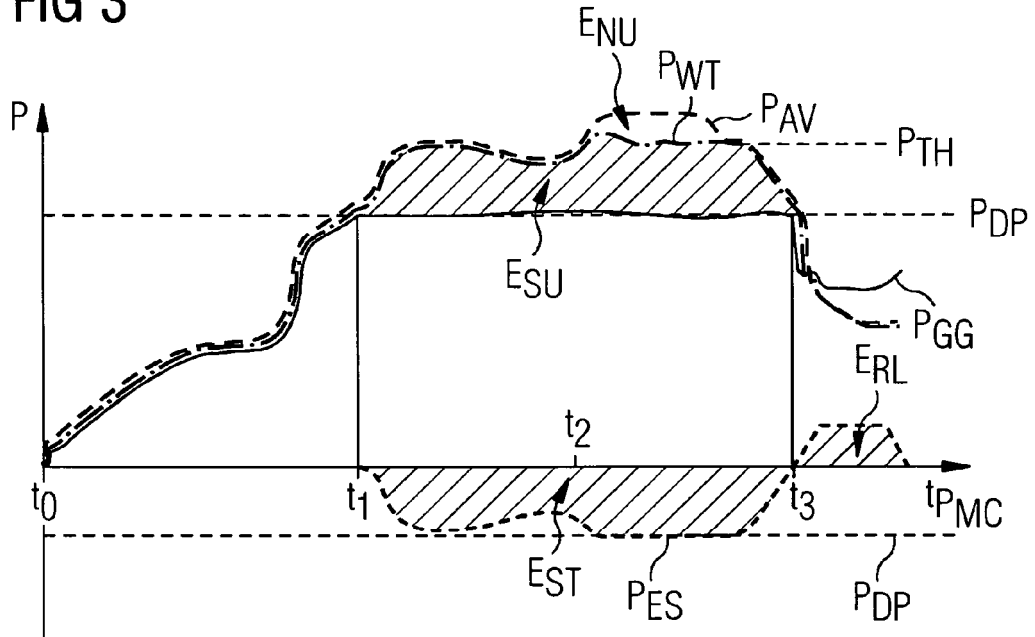


FIG 4

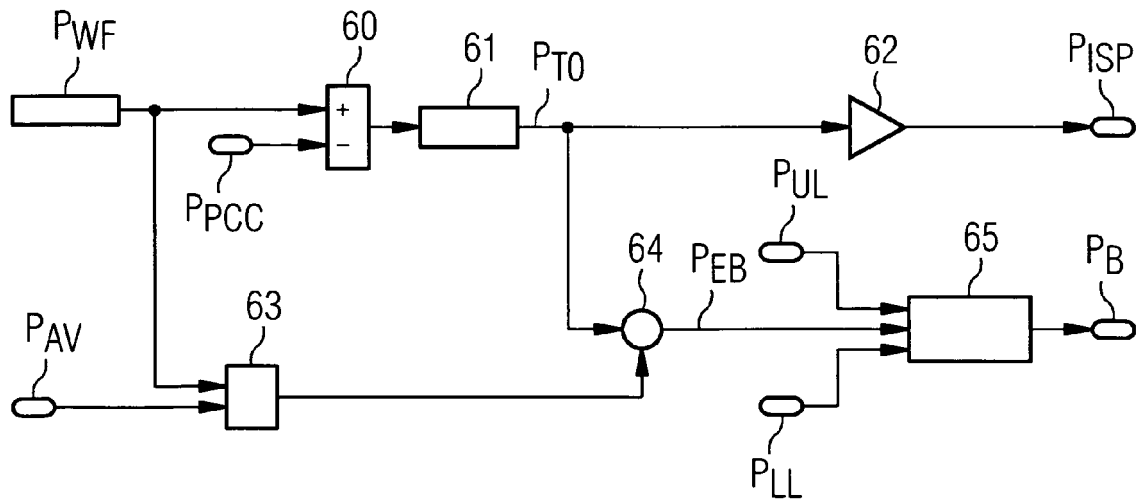


FIG 5

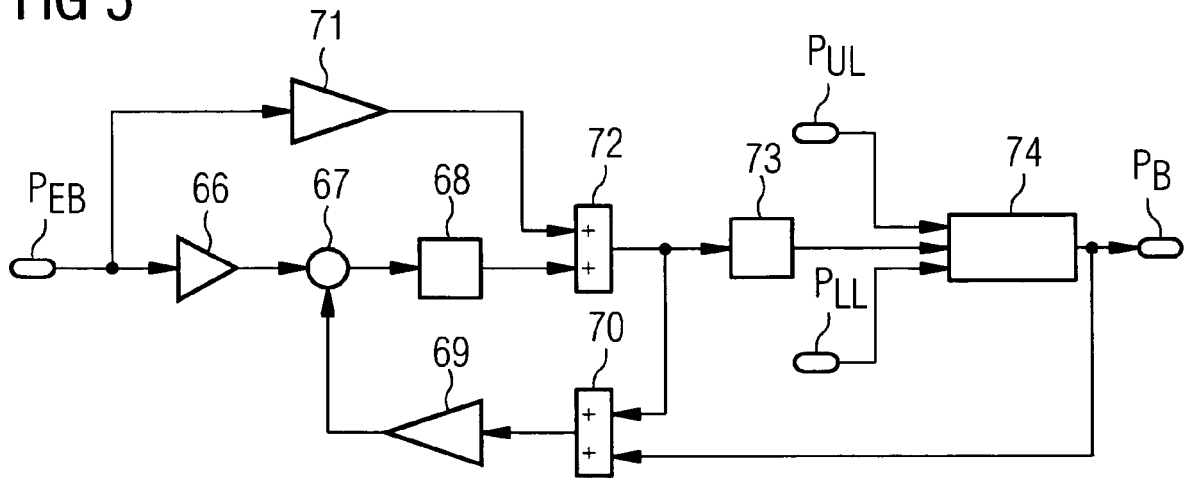


FIG 6

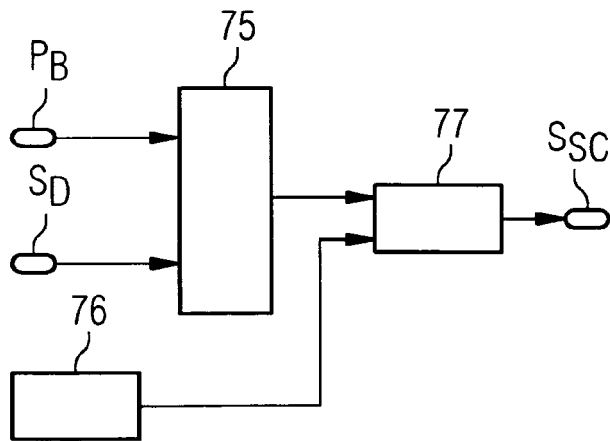


FIG 7

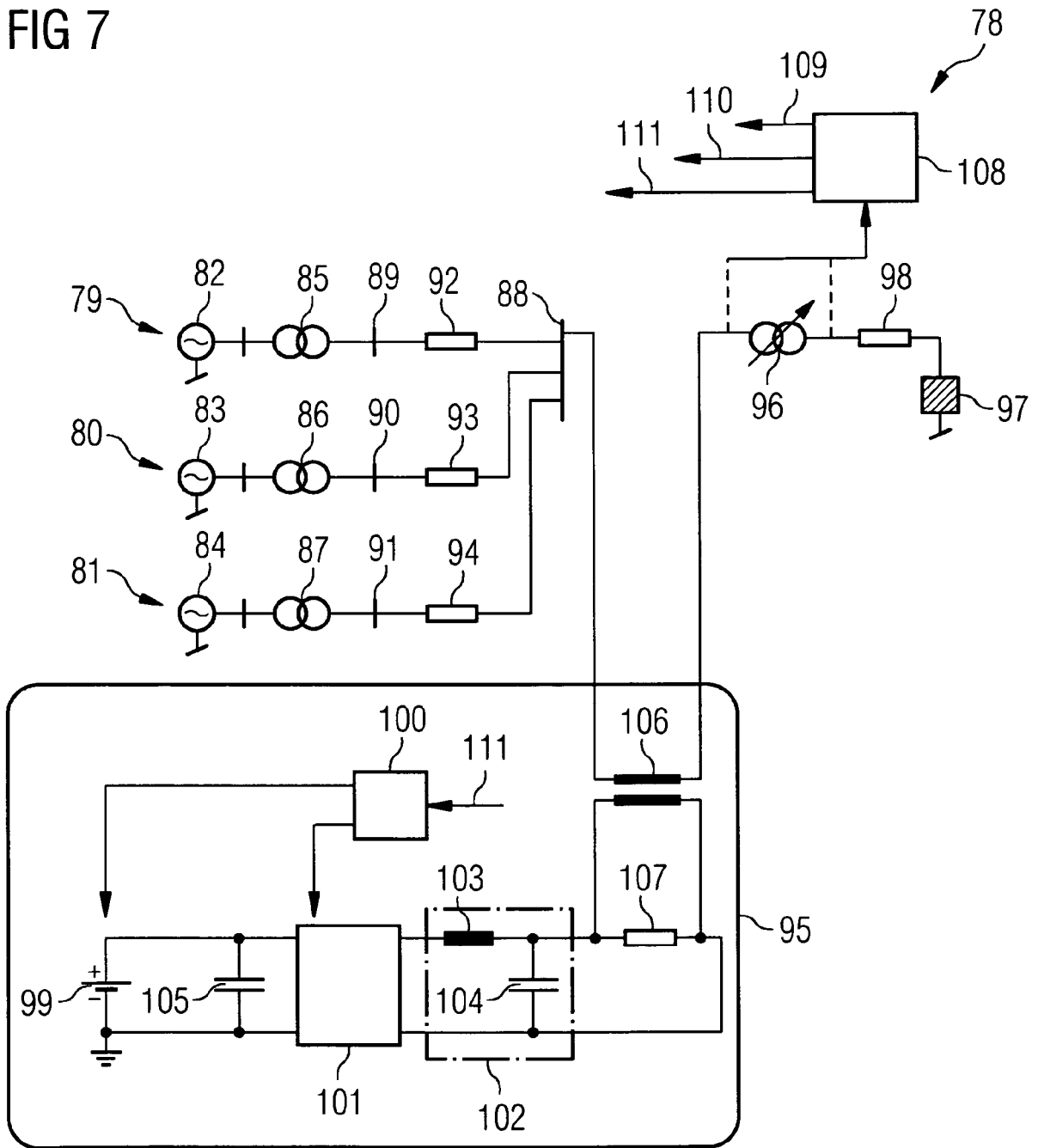


FIG 8

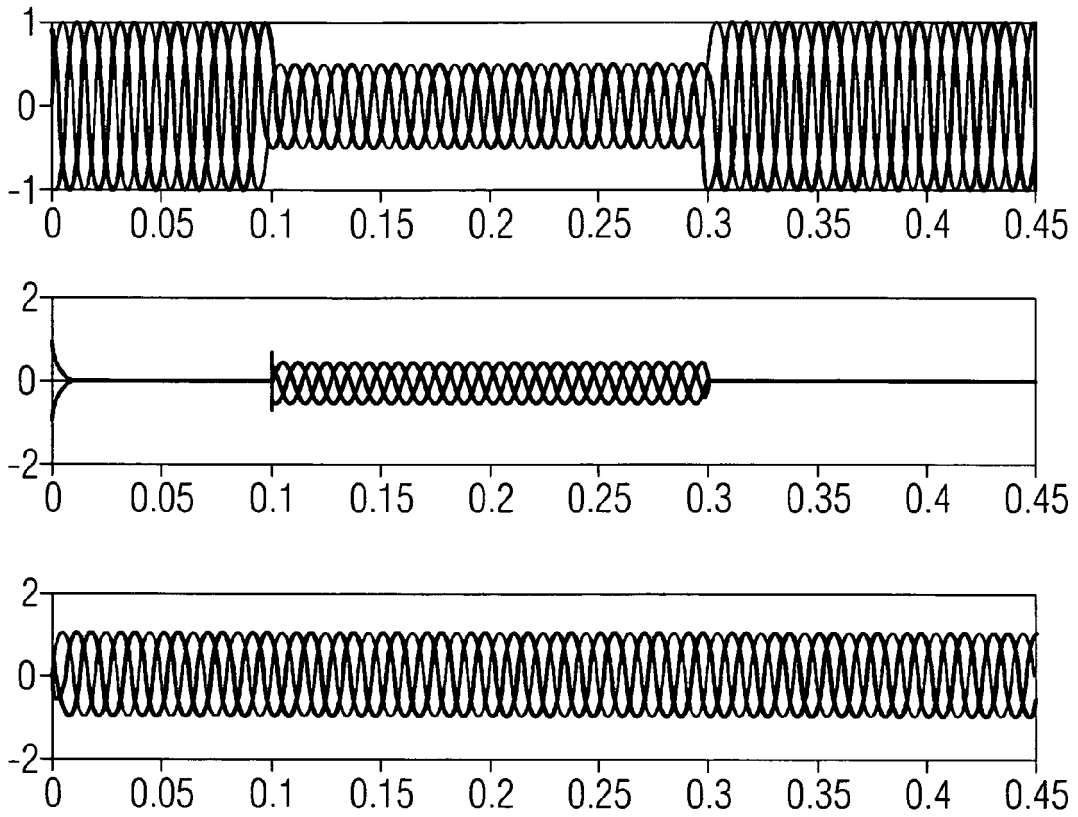


FIG 9

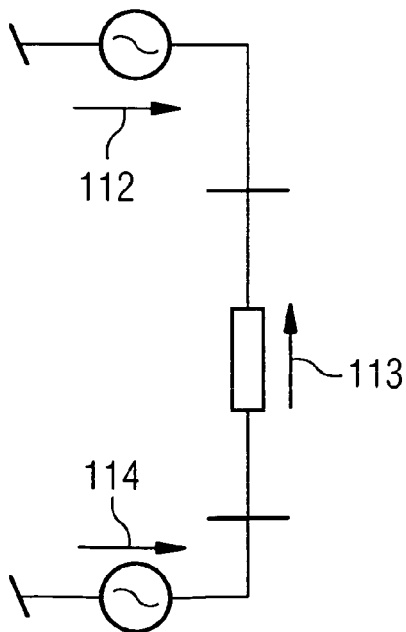


FIG 10

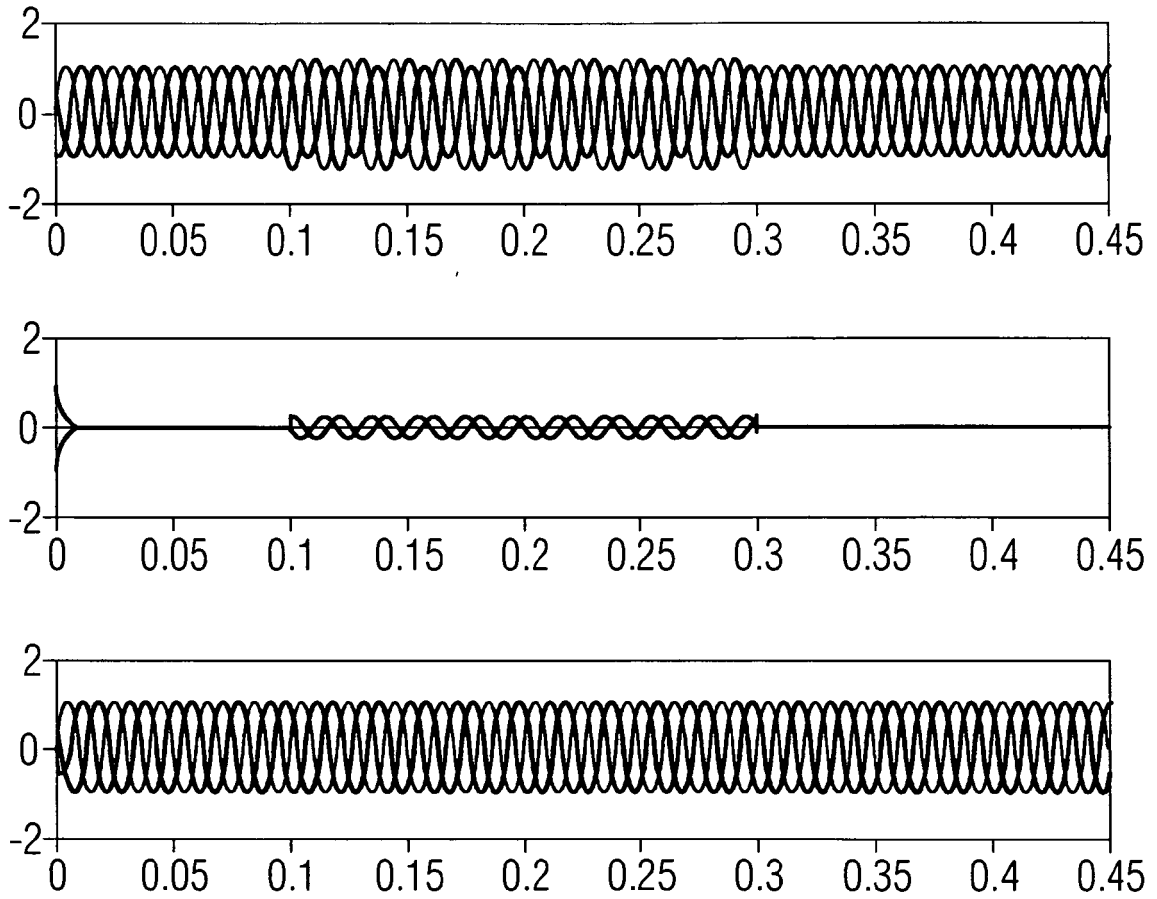


FIG 11

